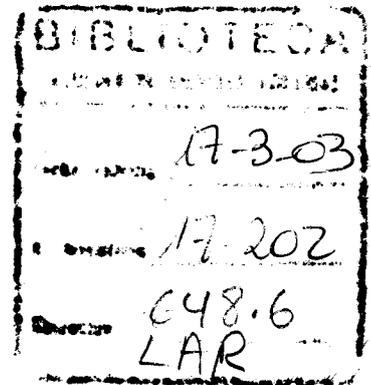


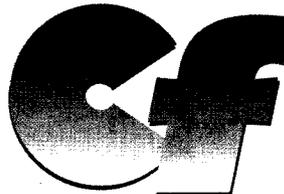
CONTROL E HIGIENE DE LOS ALIMENTOS



Accruce - (Alimentos) (Control de calidad)
(Higiene de los alimentos) (Evaluación)

D.F.A. - (Industrias alimentarias) (Análisis de punto
crítico)

C I C L O
F O R M A T I V O



CONTROL E HIGIENE DE LOS ALIMENTOS

Ildefonso Juan Larrañaga Coll
Julio M. Carballo Fernández
María del Mar Rodríguez Torres
José Ángel Fernández Sainz



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

Libro de texto correspondiente al Ciclo Formativo de Grado Superior de Dietética. módulos: Organización y Gestión del Área de Trabajo asignada a la Unidad de Dietética y Alimentación Equilibrada y Dietoterapia.

CONTROL E HIGIENE DE LOS ALIMENTOS • GRADO SUPERIOR

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

DERECHOS RESERVADOS © 1999, respecto a la primera edición en español, por McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U.

Edificio Valrealty, 1.ª planta

Basauri, 17

28023 Aravaca (Madrid)

ISBN: 84-481-1417-5

Depósito legal: M. 40.717-2001

Editora: Esmeralda Mora

Asistente editorial: Mercedes Pérez

Cubierta: Estudio F. Piñuela

Maquetación y composición: JG DISEÑO (Juan García)

Impreso en: COBRA, S. L.

IMPRESO EN ESPAÑA - PRINTED IN SPAIN

CONTENIDO

Bloque formativo 1. Los procesos en el control e higiene de los alimentos	11
Unidad de trabajo 1. Control de calidad	13
1.1. Calidad y control	13
1.2. Normas legislativas alimentarias	15
1.3. Especificaciones de calidad	25
1.4. Niveles de control de calidad	27
Unidad de trabajo 2. Tipología de las alteraciones de los alimentos	31
2.1. Alteraciones en los alimentos	31
2.2. Alteraciones físicas en los alimentos	32
2.3. Oxidación de lípidos	33
2.4. Pardeamiento no enzimático	41
2.5. Pardeamiento enzimático	45
Unidad de trabajo 3. Procedimientos generales de evaluación de la calidad	47
3.1. Evaluación de la calidad	47
3.2. Examen organoléptico	48
3.3. Control de calidad mediante análisis químicos	49
3.4. Análisis elemental	51
3.5. Valoraciones químicas	56
3.6. Técnicas instrumentales	57
3.7. Métodos rápidos en análisis químicos	60
Unidad de trabajo 4. Variables significativas en microbiología alimentaria	62
4.1. Microorganismos y alimentos	62
4.2. Orígenes de la contaminación de los alimentos	62
4.3. Factores que influyen en la multiplicación de los microorganismos en los alimentos	65
4.4. Factores intrínsecos	67
4.5. Factores extrínsecos	72
4.6. Factores implícitos	76
Unidad de trabajo 5. Procedimientos generales en el control de calidad I: análisis microbiológico	77
5.1. Introducción	77
5.2. Muestreo	78
5.3. Toma de muestras	86
5.4. Preparación de la muestra: diluciones	89
5.5. Medios de cultivo	89
5.6. Métodos de siembra	90
5.7. Recuento de microorganismos	90

5.8.	Métodos de tinción	92
5.9.	Pruebas bioquímicas para bacterias	92
5.10.	Determinación de microorganismos patógenos	93
5.11.	Métodos rápidos en microbiología	93
5.12.	Microbiología predictiva	95

Unidad de trabajo 6. Agentes bacterianos con significado en alimentación 98

6.1.	El alimento como factor de riesgo de enfermedad	98
6.2.	<i>Salmonella</i>	100
6.3.	Estafilococos	110
6.4.	<i>Escherichia coli</i>	114
6.5.	Clostridios	116
6.6.	<i>Brucellas</i>	122
6.7.	<i>Bacillus cereus</i>	124
6.8.	<i>Shigella</i>	126
6.9.	Vibriones	128
6.10.	Otros agentes bacterianos	130
6.11.	Flora alerante de los alimentos	136

Unidad de trabajo 7. Agentes no bacterianos con significado en alimentación 143

7.1.	Agentes no bacterianos y alimentos	143
7.2.	Hongos	143
7.3.	Virus	151
7.4.	Algas	153
7.5.	Protozoos	155
7.6.	Metazoos	158

Unidad de trabajo 8. Toxicología general alimentaria 166

8.1.	Presencia de sustancias tóxicas en los alimentos	166
8.2.	Micotoxinas	167
8.3.	Sustancias tóxicas naturales en los alimentos	170
8.4.	Contaminantes químicos	179
8.5.	Aditivos alimentarios	182

Unidad de trabajo 9. Procesos de higienización y conservación de los alimentos 188

9.1.	Los diferentes procedimientos de conservación	188
9.2.	La temperatura	191
9.3.	Conservación por modificación de la actividad del agua (a_w)	201
9.4.	La liofilización	205
9.5.	Los tratamientos químicos	206
9.6.	Los tratamientos con radiaciones	210
9.7.	Otros sistemas de conservación	214

Unidad de trabajo 10. Envasado, manipulación y limpieza e higiene de las instalaciones 217

10.1.	Envasado de alimentos	217
10.2.	Manipulación y transformación: procesos y áreas	225
10.3.	Limpieza de instalaciones	237

Bloque formativo 2. Grupo de la leche y sus derivados. Helados **249**

Unidad de trabajo 11. Características organolépticas, físico-químicas y bromatológicas del grupo de los lácteos **250**

11.1. La leche: un alimento crucial	250
11.2. La leche de vaca	251
11.3. Derivados lácteos	264

Unidad de trabajo 12. Modificaciones durante los tratamientos tecnológicos y de conservación de los productos lácteos **271**

12.1. Variedades de leche de vaca	271
12.2. Alteraciones en la composición química de la leche	275
12.3. Determinaciones analíticas de control en la leche	276
12.4. Otros derivados lácteos	278
12.5. Determinaciones analíticas de control en derivados lácteos	280

Unidad de trabajo 13. Alteraciones en la obtención, manipulación, transporte y almacenamiento de productos lácteos **282**

13.1. Origen y obtención de la leche	282
13.2. Microflora de la leche	283
13.3. Alteraciones de la leche durante el faenado y la manipulación	285
13.4. Alteraciones de la leche durante la distribución y el almacenamiento	287
13.5. Control microbiológico de la leche	288
13.6. Microbiología de los derivados lácteos no fermentados	289
13.7. Alteraciones en los derivados lácteos	289
13.8. Control microbiológico de los derivados lácteos	291

Bloque formativo 3. Grupos de los alimentos predominantemente proteicos **293**

Unidad de trabajo 14. Características de carnes, aves, caza y derivados **294**

14.1. Requisitos de la carne	294
14.2. Características generales de la carne	294
14.3. Composición química de la carne	296
14.4. Fenómenos en el sistema proteico muscular tras el sacrificio del animal ..	303
14.5. Canales	304
14.6. Inspección en mataderos	305
14.7. Principales derivados cárnicos	307
14.8. Aves de criadero	309
14.9. Otras aves de consumo humano	310
14.10. Determinaciones analíticas de control en carnes y derivados	313

Unidad de trabajo 15. Alteraciones en la manipulación y transformación de carnes, aves y derivados **316**

15.1. Principales alteraciones en la carne	316
15.2. Efectos de los tratamientos tecnológicos sobre la carne	319
15.3. Microbiología de la carne	321
15.4. Procesos alterativos de la carne	323
15.5. Microorganismos patógenos de la carne	324
15.6. Control microbiológico de la carne y sus derivados	325

15.7. Microbiología de la carne de aves	326
15.8. Control microbiológico de la carne de aves	327

Unidad de trabajo 16. Características y alteraciones de pescados, mariscos y derivados 329

16.1. Características generales de los pescados	329
16.2. Características organolépticas y bromatológicas del pescado	331
16.3. Obtención, faenado y manipulación del pescado	335
16.4. Inspección del pescado y determinación de su grado de frescura	336
16.5. Derivados del pescado	340
16.6. Determinaciones analíticas de control en pescados y derivados	341
16.7. Alteraciones por manipulación, almacenamiento y tratamiento culinario	341
16.8. Caracteres microbiológicos del pescado	348
16.9. Características de los mariscos	349
16.10. Características y producción de los moluscos	350
16.11. Características de los crustáceos	352
16.12. Alteraciones en la manipulación y almacenamiento de mariscos	354
16.13. Microbiología de los mariscos	355

Unidad de trabajo 17. Características, modificaciones y alteraciones de huevos y ovoproductos 357

17.1. Estructura y composición general del huevo	357
17.2. Proteínas del huevo	361
17.3. El huevo fresco	364
17.4. Propiedades funcionales del huevo y de los ovoproductos	366
17.5. Derivados de los huevos	366
17.6. Determinaciones analíticas de control en huevos y ovoproductos	368
17.7. Alteraciones y métodos de conservación de los huevos	369
17.8. Contaminación del huevo y protocolo de control microbiológico	370

Bloque formativo 4. Grupo de alimentos predominantemente grasos 373

Unidad de trabajo 18. Grupo de alimentos predominantemente grasos 374

18.1. Características generales de aceites y grasas	374
18.2. Tecnología de preparación de grasas y aceites	376
18.3. Principales grasas y aceites usados en alimentación	379
18.4. Determinaciones analíticas de control	384
18.5. Características y control microbiológico	384
18.6. Alteraciones durante la conservación y la manipulación	385

Bloque formativo 5. Grupo de alimentos de origen vegetal 389

Unidad de trabajo 19. Cereales y derivados. Harinas 390

19.1. Estructura y composición general de los cereales	390
19.2. Alteraciones en la manipulación, el almacenamiento y el tratamiento culinario. Determinaciones de control	398
19.3. Características microbiológicas y protocolo de análisis	401
19.4. Harinas	402
19.5. Otros derivados de los cereales	406

Unidad de trabajo 20. Hortalizas y verduras. Frutas **412**

20.1. Características de hortalizas y verduras	412
20.2. Caracteres físico-químicos y bromatológicos de hortalizas y verduras	415
20.3. Derivados de las hortalizas y verduras	417
20.4. Características de las frutas	418
20.5. Caracteres físico-químicos y bromatológicos de las frutas	421
20.6. Derivados de las frutas	422
20.7. Alteraciones en la manipulación y el almacenamiento de verduras, hortalizas y frutas	423
20.8. Determinaciones analíticas de control	425
20.9. Conservación de hortalizas, frutas y verduras	427
20.10. Características y control microbiológico	431
20.11. Modificaciones por los procesos de cocinado	434

Unidad de trabajo 21. Legumbres y tubérculos. Setas **438**

21.1. Características de las legumbres	438
21.2. Derivados de la legumbres	440
21.3. Determinaciones analíticas de control en las legumbres	443
21.4. Modificaciones durante la conservación y el tratamiento culinario de las legumbres	443
21.5. Características y control microbiológico de las legumbres	444
21.6. Características de los tubérculos	444
21.7. Determinaciones analíticas de control en los tubérculos	447
21.8. Modificaciones durante el almacenamiento y los procesos culinarios en los tubérculos	447
21.9. Características y control microbiológico en tubérculos	448
21.10. Setas	449
21.11. Gomas vegetales	452

Bloque formativo 6. Grupo de bebidas **455**

Unidad de trabajo 22. Agua y hielo **456**

22.1. El agua: una sustancia esencial y compleja	456
22.2. Definiciones de agua y hielo	457
22.3. Características físicas y organolépticas de las aguas potables	460
22.4. Agua de bebida	461
22.5. Aguas minerales naturales	465
22.6. Hielo	466
22.7. Control de calidad químico de las aguas y el hielo	466
22.8. Control de calidad microbiológico de las aguas y el hielo	468

Unidad de trabajo 23. Bebidas alcohólicas y no alcohólicas **472**

23.1. Un amplio grupo de alimentos	472
23.2. Fermentación alcohólica	472
23.3. Vino	473
23.4. Clasificación y tipos especiales de vinos	477
23.5. Otras bebidas fermentadas	478
23.6. Destilados alcohólicos	481
23.7. Determinaciones analíticas	482
23.8. Bebidas no alcohólicas o refrescantes	482

Bloque formativo 7. Grupo misceláneo de alimentos	485
Unidad de trabajo 24. Edulcorantes	486
24.1. El sabor dulce: una sensación singular	486
24.2. El azúcar	487
24.3. El miel	491
24.4. Otros productos edulcorantes de origen natural	493
24.5. Control microbiológico de edulcorantes naturales	494
24.6. Edulcorantes artificiales	494
Unidad de trabajo 25. Condimentos y estimulantes	498
25.1. Los condimentos: el adorno imprescindible de la comida	498
25.2. Sal y salmueras	498
25.3. Vinagre	499
25.4. Especias	501
25.5. Productos alimenticios estimulantes	509
Bloque formativo 8. El control de calidad en los procesos	517
Unidad de trabajo 26. El sistema de análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos (ARICPC) y su monitorización	518
26.1. ¿Por qué el sistema ARICPC?	518
26.2. El sistema de análisis de riesgos e identificación y control de puntos críticos	519
26.3. Definición de los términos del sistema	520
26.4. Principios del sistema	521
26.5. El equipo de ARICPC	523
26.6. Planificación de un proyecto de ARICPC	523
26.7. Control de calidad de proveedores	524
Unidad de trabajo 27. Aplicaciones del sistema de análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos (ARICPC)	530
27.1. El plan ARICPC	530
27.2. Marco de referencia	531
27.3. Caracterización de riesgos	534
27.4. Rectificación	539
27.5. Registro de datos	542

PRESENTACIÓN

*“...la corte desembuelta,
limpiamente, limpiar el cuchillo
a menudo, las manos, guardarse
de untar y ensuziarse lo más q
pudiere...”*

Estos consejos, y algunos más a lo largo del libro, siguen hoy tan vigentes como Ruperto de Nola, cocinero mayor de los Reyes de Nápoles, los presenta en la introducción a su *Libro de Guisados, Manjares y Potajes* titulado *Libro de Cozina*, en la edición realizada en Logroño en 1529 y dirigida a aquellos que quisieran acercarse al oficio del autor para que “tuviesen algun fundamento en la dicha arte de adreçar de comer y guisar manjares y potages”.

No cabe duda que los conocimientos sobre higiene de los alimentos han evolucionado y avanzado enormemente desde esta fecha, aunque juiciosos consejos como éste y el conocimiento de los procesos a los que se somete a los productos alimenticios actualmente y aplicando el sentido común y unas precauciones elementales en su manipulación, constituyen en el fondo, la base de un buen control e higiene de los alimentos.

Precisamente estas ideas son las que hemos pretendido materializar y transmitir en esta obra, que es el segundo volumen dedicado a los futuros Técnicos Superiores en Dietética. No hemos querido realizar un Tratado de Control e Higiene de los Alimentos extenso y exhaustivo, que sería un repetición de obras ya existentes, tampoco el objetivo es realizar un pequeño manual de conceptos elementales, que también existen en el mercado.

Por el contrario, hemos intentado elaborar un texto que constituya un material de base sobre el que poder construir los conocimientos y habilidades que en materia de Control e Higiene de los Alimentos deben poseer los futuros Técnicos en Dietética; así se facilitan argumentos y pistas para que el propio estudiante pueda ser capaz de desplegar un trabajo provechoso ampliando aquellos aspectos tratados en la obra que más le interesen o encauzando la búsqueda de información hacia otras materias menos desarrolladas en el volumen, el límite superior no existe.

Pensamos que la profesión de Técnico en Dietética se merece un tratamiento intelectual y científico acorde con la importante misión llamada a desarrollar en la sociedad actual.

Esta obra, como la anterior, la dedicamos a todos nuestros alumnos que con su interés y estímulo tanto nos han hecho aprender, así como a todos nuestros compañeros que con su buen hacer y sus consejos nos han alentado en este trabajo. Sois vosotros, por tanto, los que debereis juzgar si hemos conseguido nuestro propósito, los autores os agradecen de antemano cualquier sugerencia o crítica que sirva para mejorar nuestro trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Dr. D. Adolfo Fernández Peinado
Director del Centro Militar de Veterinaria

D.ª Sonia García González
Técnico Especialista en Dietética y Nutrición
Hospital de la Princesa
Presidenta de AETEDYN

LOS PROCESOS EN EL CONTROL E HIGIENE DE LOS ALIMENTOS

PRESENTACIÓN

Un alimento preparado para su consumo debe presentar dos características esenciales: tener unas condiciones mínimas de salubridad, es decir, que no produzca enfermedad o daño en quien lo consuma y que contenga elementos nutritivos en cantidad suficiente; pero estas dos características, básicas, no deben bastar para librar ese alimento a su consumo; debe buscarse un nivel de calidad óptimo, por ello este primer bloque formativo se ha planteado como una revisión de los factores que de forma general pueden afectar a la calidad de los alimentos a lo largo de todos los procesos en los que los alimentos están inmersos.

Pero es preciso, primero, conocer cuáles son los factores que actúan más directamente en sus mecanismos de alteración, así como el examen organoléptico y al examen químico fundamental de los alimentos, para enlazar con el tercer aspecto de evaluación de la calidad, el aspecto microbiológico.

Unidades de trabajo

1. Control de calidad
2. Tipología de las alteraciones de los alimentos
3. Procedimientos generales de evaluación de la calidad
4. Variables significativas en microbiología alimentaria
5. Procedimientos generales de control de calidad microbiológico
6. Bacterias con significación en alimentación
7. Agentes no bacterianos con significación en alimentación
8. Toxicología general alimentaria
9. Procesos de higienización y conservación de los alimentos
10. Envasado, manipulación, limpieza e higiene de las instalaciones

Objetivos didácticos

1. Establecer los principios de control de calidad y la normativa aplicable a los mismos.
2. Caracterizar los principales tipos de alteración que sufren los alimentos.
3. Fundamentar los procedimientos generales de control de calidad.
4. Identificar las variables más significativas que inciden en la microbiología alimentaria.
5. Detallar las peculiaridades más representativas de los gérmenes principales responsables de las alteraciones de los alimentos.
6. Analizar las características de los compuestos tóxicos que pueden presentarse en los alimentos.



CONTROL DE CALIDAD

1. Calidad y control. 2. Normas legislativas alimentarias.
3. Especificaciones de calidad. 4. Niveles de control de calidad.

1.1. Calidad y control

Conforme han ido evolucionando las sociedades, la comunicación sobre el conocimiento de las características de un determinado producto para su empleo se ha vuelto más complicada, de tal manera que, si el producto no es apto para el uso previsto, difícilmente el consumidor se lo puede comunicar al productor. Por esta razón, ha sido necesario sustituir el conocimiento de la aptitud para el uso por las **especificaciones de calidad**. Pero, ¿qué son estas especificaciones?

Para aclarar este concepto, nos vamos a acercar al mundo del automóvil. En periódicos y revistas aparecen reseñas sobre diferentes coches, bien ofreciendo estudios comparativos, bien analizando las características del automóvil objeto de atención. Igualmente, cuando se quiere adquirir un vehículo, se pregunta por sus particularidades, equipamientos, características técnicas, etcétera, para valorar la relación entre su coste y las prestaciones que ofrece.

Fijémonos en la información que leemos sobre un vehículo en un semanario cualquiera: "Mercedes Clase V 230 automático". Para que la reseña sea lo más completa posible y proporcione al futuro comprador una información concisa, en la oferta se suele incluir una ficha técnica como la que se presenta en el Cuadro 1.1. Esta ficha es sinónimo de la especificación de calidad para ese vehículo.

Vayamos ahora al mundo de los alimentos y a la descripción de un producto alimenticio, por ejemplo, la naranja. Su especificación de calidad consistiría en describir o concretar su variedad, calibre, grado de madurez mínimo, tipo de envase, etc., lo que permite clasificarla en las diferentes categorías comerciales. La Real Academia Española define la calidad como la manera

Mercedes Clase V 230 automático	
Ficha técnica	
Mecánica	
Cilindrada/potencia	2.295 cc/143cv
Número cilindros/N.º válvulas	4 en línea/ 16
Transmisión	Tracción delantera
Caja de cambios	Automática 4 velocidades
Suspensión: Delantera	Indep. McPherson
Trasera	Indep. brazos diagonales
Dirección	Cremallera asistida
Frenos: Delanteros	Discos autoventilados ABS
Traseros	Discos macizos ABS
Dimensiones	
Longitud / altura / anchura	466 / 184 / 187 cm
Aerodinámica (CX) / peso	0,34 / 2.000 kg
Neumáticos / llantas	215 / 65 / 15; 6x15
Capacidad depósito / maletero	78 l / 350 l
Precio	
Versión básica	4.179.000 ptas.
Opciones	Cambio automático: 345.000 ptas.
Garantía	1 año sin límite de km

Cuadro 1.1. Ficha técnica de un vehículo.

de ser de las cosas; efectivamente, estamos describiendo las calidades del producto como una referencia a las cualidades del mismo.

En el mundo industrial, el concepto de calidad presenta una vertiente subjetiva, en tanto que está sujeta a los gustos personales, y otra objetiva, en cuanto que el producto tiene que ser adecuado para su uso. Esto significa que la definición de calidad tiene que ser más completa.

La *American Society for Analyty Control* define la calidad como la totalidad de funciones y características de un producto o servicio, dirigidas a satisfacer las necesidades del usuario.

La calidad es el criterio para valorar comparativamente el conjunto de atributos, especificaciones o características de los productos que cumplen la norma definitoria, teniéndose en cuenta no sólo la aptitud para la función a la que se destina, sino también, las apetencias, gustos, deseos, hábitos o tradiciones del consumidor.

Por otra parte, también se ha relacionado la calidad con el coste, los inconvenientes y los efectos secundarios que el producto original provoca en la sociedad una vez que comienza su uso.

En definitiva, la calidad es un concepto que relaciona al producto y sus costes con el usuario; así, la definiremos como *el grado de satisfacción que ofrecen las características de un producto en relación con las exigencias del consumidor al que se destina, teniendo en cuenta su coste.*

Para la obtención de cualquier producto se lleva a cabo una serie de actividades que constituyen un **proceso**. Un proceso es una combinación única de máquinas, herramientas, métodos, materiales y personas comprometidas en realizar un producto.

Si relacionamos los conceptos de calidad y de proceso, podríamos afirmar ahora que la **calidad** es *el conjunto de actividades a través de las cuales alcanzamos la aptitud de un producto para su uso normal, sin que importe dónde se realicen estas actividades.*

El proceso a través del cual se establecen y se cumplen las normas se denomina **control** el cual se basa en establecer una serie de etapas de actuación que, en líneas generales, suelen ser las siguientes:

- Elegir el sujeto de control: es decir, seleccionar lo que va a ser controlado.

- Escoger una unidad de medida que se adecue a lo que se quiere medir.
- Especificar las características de calidad: esto es, determinar su valor normal o estándar.
- Crear un dispositivo sensible que pueda medir estas características.
- Realizar la medición real.
- Interpretar la diferencia entre lo real y lo estándar.
- Tomar una decisión y actuar sobre la diferencia.

Teniendo en cuenta las definiciones de calidad y control, definiremos el **control de calidad** como *el proceso de regulación a través del cual podemos medir la calidad real, compararla con las normas y actuar sobre la diferencia.*

Es lógico pensar que en un determinado proceso no todas las fases tendrán la misma importancia para el resultado final: alguna será más sensible que otra a la presentación de posibles fallos, y la cualidad relacionada con esa etapa se verá afectada con más frecuencia, al existir más riesgo de fallo. En este sentido, existe una ley universal, que se conoce con el nombre de **Principio de Pareto**, que explica el *fenómeno de los pocos vitales y los muchos triviales*. Este principio, que se aplicó para explicar problemáticas tan diferentes como la distribución de la riqueza o los fenómenos biológicos, se puede emplear también en el control de calidad: el grueso de los fallos se localiza en unos cuantos tipos de fallos.

Supongamos que en un taller mecánico se ensamblan conjuntos de piezas; si se hace una lista de trabajo con los 10 mecánicos que hay en el taller, durante un mes, ordenada según la cantidad de conjuntos de piezas con imperfecciones debidas a cada uno de ellos, podríamos obtener un cuadro como el 1.2.

Cuadro 1.2. Análisis de Pareto de imperfecciones en conjuntos de piezas ensambladas.

Trabajador	Conjuntos defectuosos	Porcentaje de conjuntos defectuosos	Conjuntos defectuosos acumulados	Porcentaje acumulado
A	75	30	75	30
B	62	25	137	55
C	45	18	182	73
D	20	8	202	81
E	15	6	217	87
F	10	4	227	91
G	10	4	237	95
H	5	2	242	97
I	2	1	244	98
J	2	1	248	99

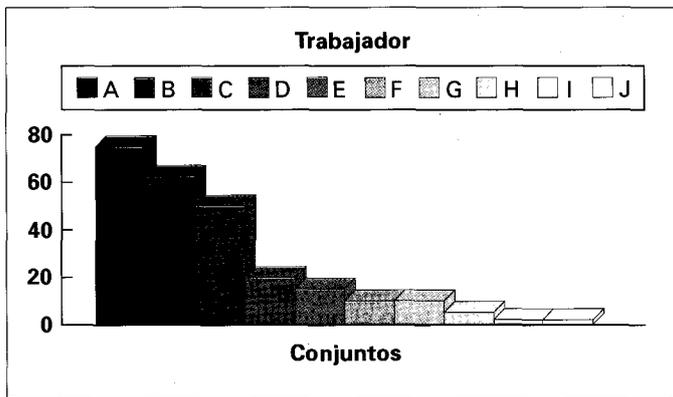


Figura 1.1. Histograma de frecuencias de conjuntos defectuosos.

En este cuadro, y en la Figura 1.1. que representa el histograma de frecuencias de imperfecciones, se comprueba que existen grandes diferencias en el número de imperfecciones, pues, por ejemplo, el operario A presenta 75 conjuntos defectuosos, mientras que hay varios con menos de 15. Cuando se acumulan los datos se hace evidente que tres de los operarios (*los pocos vitales*) tienen el 73% de todos los montajes defectuosos, mientras que los cinco últimos (*los muchos triviales*) sólo acumulan el 12% de esos conjuntos de piezas.

Una de las más importantes aplicaciones de este principio está en el diseño de programas de mejora de la calidad: una mejora sólo se puede justificar si se sabe aplicarla a *pocos proyectos vitales*, que son precisamente los que contienen la mayor parte de las posibilidades de mejora de los porcentajes de fallos.

Este fenómeno no se limita al campo de la gestión industrial: en los asuntos humanos, generalmente, la mayor parte de la riqueza está en manos de un pequeño número de personas, o en unos pocos países se encuentra la mayoría de la población mundial. El principio de Pareto también es extensivo a fenómenos biológicos: un pequeño porcentaje de especies biológicas suponen el grueso de la población animal, unas

cuantas especies de microorganismos son los responsables de la mayoría de las alteraciones en los alimentos, etc.

1.2. Normas legislativas alimentarias

El hombre civilizado no puede subvenir a todas las necesidades alimenticias por sí solo; ha tenido que recurrir al concurso social para lograr lo que es imprescindible en su alimentación. Los alimentos, por tanto, pasan por diversas manos hasta llegar a las del consumidor y aparece la libre competencia en el comercio de las sustancias alimenticias.

La mayoría de las veces, el consumidor, con el solo examen organoléptico, no puede descubrir la posible existencia de un fraude. Por esta razón, los poderes públicos se han preocupado del aspecto económico y sanitario y por eso también se ha establecido un marco legislativo relativo a sustancias y productos alimenticios.

Las normas y preceptos que regulan cualquier aspecto de la actividad del Estado están distribuidas en un sistema jerárquico de prescripciones en el que aquellas que ocupan un rango superior definen un ámbito general de actuación para las de rango inferior; éstas, lógicamente, no pueden entrar en conflicto con las anteriores, y suelen desarrollar aspectos más concretos de las mismas o determinar sus procedimientos de ejecución práctica.

El problema se complica cuando existen diferentes niveles jerárquicos, ya que hay que considerar el nivel supraestatal, al estar inmersos en comunidades supranacionales, como es el caso de la normativa de la UE (Unión Europea), el nivel estatal, el autonómico y el local.

En los apartados siguientes nos vamos a referir a aquellas leyes y normas que tienen un efecto directo sobre el control de calidad en la industria alimentaria.

PARA SABER MÁS...

La Comunidad Económica Europea (CEE), actualmente denominada Unión Europea, fue creada a partir del Tratado de Roma. Este tratado prevé que las legislaciones nacionales se deben armonizar o ajustar de tal manera que se facilite la libre circulación de los productos alimenticios en la Comunidad. Dicha armonización se ha realizado partiendo de tres principios:

- La protección del consumidor desde el punto de vista sanitario y contra los fraudes.
- La protección de la economía de cada país considerando las prácticas industriales y comerciales que son propias y no rápidamente cambiables.

- Respeto a la libre competencia.

Este ajuste de la legislación se lleva a cabo mediante Reglamentos y Directrices. El derecho comunitario se integra en el derecho interno del país correspondiente y tiene, en caso de conflicto, primacía sobre éste. Esta primacía implica que la norma comunitaria prevalece, a nivel de Reglamento, o se impone sobre la norma interna y, sobre todo, que no puede ser derogada por normas internas posteriores. No obstante, toda la normativa comunitaria no tiene el mismo nivel jerárquico, ni el mismo carácter vinculante:

TIPO DE NORMA	CARACTERÍSTICAS
Reglamento	Tiene alcance general y es obligatorio y directamente aplicable en cada Estado miembro.
Directiva y decisión	Obligan al Estado miembro, dejando a las autoridades nacionales la elección de la forma y los medios.
Recomendaciones y dictámenes	No son vinculantes para los Estados miembros.

En cuanto a la normativa nacional podemos distinguir la que es de aplicación a todo el territorio nacional y la que se aplica en el ámbito autonómico; tanto en un caso como en otro existe una jerarquía en las disposiciones, de tal forma que se deben imbricar unas y otras para establecer el nivel real de aplicación.

En el nivel jerárquico más alto se encuentra la Constitución, que conforma todo el ordenamiento jurídico de la nación; partiendo de ella se elabora toda la normativa con rango de ley que puede adoptar diferentes formas:

TIPO DE NORMATIVA	CARACTERÍSTICAS
LEY ORGÁNICA	Regulan el desarrollo de los derechos fundamentales y de las libertades públicas. Ámbito estatal. Necesita la mayoría absoluta del Congreso para su aprobación.
LEY ORDINARIA	Todas las demás normas de ámbito estatal elaboradas y aprobadas por el poder legislativo. Se aprueban por la mayoría de los miembros presentes de las Cámaras.
LEY DE COMUNIDAD AUTÓNOMA	Afecta a materias asumidas por el respectivo estatuto de autonomía y, por tanto, subordinada a él.
DECRETO-LEY	Es una norma con rango de ley que puede ser utilizada por un gobierno con carácter extraordinario y urgente. Ámbito estatal.

En el siguiente rango se encuentran los Reales Decretos, elaborados por el Consejo de Ministros y Decretos de órganos de gobierno de Comunidades Autónomas. Los Órdenes que afectan a varios Ministerios o Consejerías y las Circulares e Instrucciones cuyo ámbito son los Departamentos ministeriales o su equivalente en la esfera autonómica.

Los Reglamentos son normas escritas promulgadas por una Administración pública, subordinadas a la ley y que tiene por objeto completarla, desarrollarla o simplemente hacer posible su aplicación. Pueden adoptar cualquiera de las formas señaladas anteriormente.

1.2.1. Codex alimentarius

El *Codex Alimentarius* (Código Alimentario) es un compendio de Normas alimentarias redactado por una Comisión Internacional que fue creada en 1962 dentro de un programa conjunto FAO/OMS (*Food and Agriculture Organization/Organización Mundial de la Salud*). Los miembros de esta Comisión son los estados miembros de la FAO y de la OMS. Su carácter es de tipo consultivo.

Estas normas alimentarias tiene varias finalidades:

- Proteger la salud de los consumidores.
- Asegurar el establecimiento de unas prácticas equitativas en el comercio de los productos alimentarios.
- Fomentar la coordinación de todos los trabajos que se hagan sobre normas alimentarias internacionales, gubernamentales y no gubernamentales.

- Determinar prioridades e iniciar y orientar la preparación de proyectos de normas y códigos de prácticas con la ayuda y la intermediación de las organizaciones apropiadas.
- Ultimar las normas y el código de prácticas y, una vez que éstas hayan sido aceptadas por los gobiernos, publicarlas en un *Codex Alimentarius*, ya sea como normas regionales o mundiales.

El *Codex Alimentarius* es una colección de reglas alimentarias de carácter internacional. Incluye normas para los principales alimentos, elaborados, semielaborados o sin elaborar, así como para las materias primas destinadas a una posterior elaboración para su conversión en alimentos. Contiene, además, pautas relativas a la higiene y calidad nutricional de los alimentos, normas microbiológicas, disposiciones sobre aditivos alimentarios, residuos, plaguicidas, contaminantes, etiquetado y presentación, métodos de análisis y muestreo.

PARA SABER MÁS...

El Codex Alimentarius ha tenido muchos precedentes; las disposiciones dictadas por la autoridad en materia de alimentos, son tan antiguos como la escritura y, así, encontramos ejemplos en tablillas mesopotámicas y en papiros egipcios.

Quizá el precedente más inmediato esté en el año 1943, cuando se reunieron representantes de 44 países para celebrar la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Agricultura y la Alimentación. En este encuentro se recomendó que se creara una organización que ayudase a los gobiernos a ampliar y mejorar las normas referentes al contenido nutritivo de todos los alimentos importantes, y a analizar la posibilidad de formular normas internacionales que facilitaran y protegieran el intercambio de dichos productos entre las diferentes naciones. Esta organización, que con el tiempo llegó a ser la FAO, debía ayudar también a los países de todo el mundo a ponerse de acuerdo en cuanto a los métodos de determinación y análisis de productos alimenticios.

La propuesta de elaborar un Codex Alimentarius Europeo partió de un ministro de la República de Austria. En el año 1961 se pidió la colaboración a la FAO y a la OMS. En el año siguiente se creó la Codex Alimentarius, abierta a todos los países miembros de estas organizaciones, para realizar este programa.

Los objetivos del Codex son proteger la salud de los consumidores y favorecer los intercambios internacionales de los productos alimenticios. Además, confecciona normas y códigos de prácticas. Si son aceptadas por un Estado, las normas tienen valor ejecutivo, mientras que los códigos sirven de orientación.

Las normas y los límites máximos para residuos, aprobados por la Comisión del Codex, se someten a aceptación oficial por parte de los gobiernos, de acuerdo con sus principios generales. Así, las normas se envían a los Ministerios de Agricultura o de Asuntos Exteriores, según corresponda, de los Estados miembros de la FAO, así como también a los Ministerios de Salud de los Estados de la OMS.

Todo país, según sus procedimientos legales y administrativos vigentes, podrá aceptar una norma del Codex por lo que respecta a la distribución de un producto determinado, ya sea importado o producido nacionalmente, dentro del territorio sometido a su jurisdicción. Lo hará con arreglo a varias modalidades y sobre productos del Codex, y de acuerdo con las normas generales y la aceptación de los límites máximos del Codex para plaguicidas y medicamentos veterinarios en los alimentos. Estas modalidades son las que siguen:

a) Para productos:

- **Aceptación completa.** El país interesado asegurará que un producto al que se aplique la norma se

La aceptación de las normas se puede llevar a cabo de las siguientes formas:

- **Sin reserva:** el Estado que hace la aceptación establece que los productos que están de acuerdo con la norma se pueden distribuir libremente, y que los que no lo están no se pueden distribuir bajo esa denominación.
- **A título de objetivo:** en este caso, el Estado interesado declara que aceptará la norma durante un determinado período de tiempo y que a lo largo de ese tiempo permitirá la circulación del producto en cuestión conforme a la norma.
- **Aceptación con derogaciones específicas:** el Estado define esas derogaciones y concreta cuáles serán sus intenciones futuras.

La Comisión se reúne cada dos años, alternativamente en Roma (Italia) y Ginebra (Suiza) y recibe apoyo del personal de la FAO y de la OMS. La Secretaría tiene su sede en Roma, en el Servicio de Calidad de los Alimentos y Normas Alimentarias de la Dirección de Política Alimentaria y Nutrición. El centro de coordinación de la OMS en Ginebra es la División de Protección y Fomento de la Salud.

La Comisión ha establecido 28 comités sobre asuntos generales y productos, cada uno de los cuales tiene un país hospedante (Fig. 1.2). Estos grupos se encargan de redactar proyectos de normas y de formular recomendaciones a la Comisión, la cual determina la necesidad de una norma y dispone lo necesario para que se elabore el proyecto correspondiente.

El Codex se ha convertido en referencia fundamental para los países industrializados en temas de alimentos.

podrá distribuir libremente con el nombre y la descripción estipulados en la norma, siempre que satisfaga todos los requisitos del Codex.

- **Aceptación diferida.** El país manifiesta su intención de aceptar la norma después de que haya transcurrido un determinado número de años, previamente establecido.
- **Aceptación con excepciones especificadas.** La nación otorga su aceptación a la norma con la salvedad de las excepciones que se especifiquen en la declaración de esa aceptación.

b) Para las normas generales:

- **Aceptación completa.** El país asegura que el producto al que se aplica la norma general satisfará todos los requisitos estipulados en ella.
- **Aceptación diferida.** Su significado es idéntico al de la aceptación diferida del producto.
- **Aceptación con excepciones especificadas.** Su contenido es idéntico al de la aceptación con excepciones especificadas del producto.

COMITÉ EJECUTIVO

COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS

SECRETARÍA FAO / OMS

ÓRGANOS AUXILIARES DE LA COMISIÓN

COMITÉS MUNDIALES DEL CODEX SOBRE ASUNTOS GENERALES

RESIDUOS DE MEDICAMENTOS VETERINARIOS EN LOS ALIMENTOS (EEUU)

INSPECCIÓN Y CERTIFICACIÓN DE IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES (Australia)

ADITIVOS ALIMENTARIOS Y CONTAMINANTES (Países Bajos)

PRINCIPIOS GENERALES (Francia)

RESIDUOS DE PLAGUICIDAS (Países Bajos)

ETIQUETADO DE ALIMENTOS (Canadá)

ANÁLISIS Y TOMA DE MUESTRAS (Hungría)

HIGIENE DE LOS ALIMENTOS (EEUU)

COMITÉS MUNDIALES DEL CODEX SOBRE PRODUCTOS

CACAO Y CHOCOLATE* (Suiza)

ALIMENTOS ESPECIALES (Alemania)

AZÚCARES* (Reino Unido)

PESCADO Y DERIVADOS (Noruega)

FRUTAS Y HORTALIZAS ELABORADAS* (EEUU)

PROTEÍNAS VEGETALES* (Canadá)

GRASAS Y ACEITES (Reino Unido)

HIGIENE DE LA CARNE* (Nueva Zelanda)

HIELOS COMESTIBLES* (Suecia)

PRODUCTOS DE RESES Y AVES* (Dinamarca)

SOPAS Y CALDOS* (Suiza)

CEREALES Y LEGUMBRES (EEUU)

FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS (México)

LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS

COMITÉS REGIONALES DEL CODEX

AGUAS MINERALES NATURALES* (Suiza)

COMITÉS REGIONALES DE COORDINACIÓN

ÁFRICA

ASIA

EUROPA

AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

AMÉRICA DEL NORTE Y PACÍFICO SUDOCCIDENTAL

GRUPOS CEPE-NU / CODEX ALIMENTARIUS DE EXPERTOS

ZUMOS DE FRUTAS*

ALIMENTOS CONGELADOS RÁPIDAMENTE*

* Estos comités han concluido sus tareas principales y están aplazados sine die.

Figura 1.2. Órganos subsidiarios de la Comisión del Codex Alimentarius Europaeus.

c) Aceptación de los límites máximos del Codex:

- **Aceptación completa.** La nación interesada asegurará el cumplimiento de los límites máximos para los plaguicidas y los medicamentos veterinarios en los alimentos.
- **Libre distribución.** El país se compromete a llevar a cabo la libre distribución de los productos que se ajusten a los límites máximos en el territorio de su jurisdicción.

De todos los órganos auxiliares del Codex, los de mayor alcance son los siete comités de asuntos generales. Estos comités trabajan en estrecha colaboración con instituciones científicas para confeccionar normas y recomendaciones. Se trata de estos comités:

- Etiquetado de alimentos.
- Aditivos alimentarios y Contaminantes de Alimentos.
- Higiene de los Alimentos.
- Residuos de Plaguicidas.
- Residuos de Medicamentos Veterinarios en los Alimentos.
- Métodos de Análisis y Toma de Muestras.
- Sistemas de Inspección y Certificación de las Importaciones y Exportaciones de Alimentos.

Por lo demás, existe un Comité sobre Principios Generales, ubicado en Francia, que ha elaborado el reglamento del Codex Alimentarius. Este reglamento se completó por primera vez en 1969, pero a lo largo de los años se han introducido pequeñas modificaciones para actualizarlo. En las labores del Comité también participan muy activamente representantes de asociaciones de la industria alimentaria, grupos de consumidores y organizaciones internacionales científicas y relacionadas con la tecnología de los alimentos (Cuadro 1.3).

- Organización Internacional de las Uniones de Consumidores (IOCU).
- Organización Internacional de Normalización (ISO).
- Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (ADAC).
- Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa.
- Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT).
- Federación Internacional de Lechería (FIL).
- Instituto Internacional de Ciencias de la Vida (ILSI).
- Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos (ICMSF).

Cuadro 1.3. Algunas organizaciones colaboradoras del Codex Alimentarius.

El Codex Alimentarius está publicado en los siguientes volúmenes:

- Volumen I
 - A: Requisitos generales.
 - B: Requisitos generales: higiene de los alimentos.
- Volumen II
 - A: Residuos de plaguicidas en los alimentos (textos de carácter general).
 - B: Residuos de plaguicidas: límites máximos para residuos.
- Volumen III
 - Residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos.
- Volumen IV
 - Alimentos para regímenes especiales.
- Volumen V
 - A: Frutas y hortalizas elaboradas y congeladas rápidamente.
 - B: Frutas y hortalizas frescas.
- Volumen VI
 - Zumos (jugos) de fruta.
- Volumen VII
 - Cereales, legumbres, productos derivados y proteínas vegetales.
- Volumen VIII
 - Grasas, aceites y productos derivados.
- Volumen IX
 - Pescado y productos pesqueros.
- Volumen X
 - Carne y productos de carne: sopas y caldos.
- Volumen XI
 - Azúcares, productos del cacao y del chocolate y productos varios.
- Volumen XII
 - Leche y productos lácteos.
- Volumen XIII
 - Métodos y análisis de muestreo.
- Volumen XIV
 - Aceptaciones.

1.2.2. El Código Alimentario Español (CAE)

Con anterioridad a la entrada en vigor del Código Alimentario Español ya existían reglamentaciones que intentaban articular el campo alimentario.

Ante la necesidad, entre otras, de dar respuesta a la evolución de la industria alimentaria, perfeccionar la actividad de coordinación y favorecer la calidad de los productos, las instancias europeas en materia de salud pública recomiendan una mejor estructuración y más profundización en los estudios técnico-sanitarios, tal y como queda recogido en la introducción que aparece en el Decreto 2484/1967.

La OMS, la FAO y la CIIA (Comisión de Industrias Agrícolas y Alimentarias) se ocupan de que los distintos gobiernos lleven a cabo estudios técnico-sanitarios sobre las condiciones que han de reunir los alimentos destinados al consumo humano.

De esta forma se creó en 1960 la Subcomisión de Expertos, encargada de redactar el Código Alimentario Español. En el año 1967 se aprobó el texto y en 1974 entró en vigor.

En el año 1966 tomó el relevo una Comisión Interministerial para la Ordenación Alimentaria (CIOA), que se ocupó de aplicar el Código, el cual paulatinamente se ha ido completando por sectores. La CIOA es un órgano colegiado que coordina y armoniza la regulación de la legislación alimentaria.

En el Código Alimentario Español se recogen las normas básicas y sistematizadas de los alimentos, condimentos, estimulantes y bebidas, así como sus materias primas correspondientes.

Asimismo, determina qué condiciones mínimas han de reunir y las condiciones de los distintos procedimientos de preparación, conservación, distribución, transporte, etc. A partir del CAE se han realizado reales decretos y órdenes ministeriales para la entrada en vigor y desarrollo de sus capítulos.

El CAE está articulado en cuatro partes y, cada parte, en capítulos, como sigue:

- Primera parte: *Principios generales* (capítulos I-III).
- Segunda parte: *Condiciones generales de los materiales. Tratamiento y personal relacionado con los alimentos. Establecimientos e industrias de la alimentación* (capítulos IV-IX).
- Tercera parte: *Alimentos y bebidas* (capítulos X-XXX).
- Cuarta parte: *Aditivos e impurezas de los alimentos* (capítulos XXXI-XXXVII).

1.2.3. La reglamentación técnico-sanitaria

Una reglamentación técnica es el acto emanado de una autoridad investida del poder público necesario para hacer obligatoria la observancia de una especificación técnica o una norma. La Reglamentación Técnico-Sanitaria (RTS) tiene el rango de real decreto. A partir del CAE se lleva a cabo la articulación en forma de reglamento (es decir, con efecto legal) de las características y del código de prácticas higiénico-sanitarias de cualquier producto, alimento, instalaciones e industrias relacionadas con la producción o el consumo alimentario.

Estas reglamentaciones están ordenadas por títulos y cada título, por artículos, los cuales van precedidos por una serie de disposiciones, unas, de carácter transitorio, en las que se expresa el plazo a partir del cual la exigencia es obligatoria, y otras, con carácter derogatorio de las órdenes o disposiciones que se opongán a lo que queda establecido. En líneas generales, los títulos hacen mención a estos contenidos:

- Ámbito de aplicación de la RTS.
- Definiciones y clasificaciones, es decir, qué es lo que se está regulando, qué incluye y qué excluye.
- Condiciones de los locales e instalaciones, de los materiales, del utillaje y del personal. Manipulaciones permitidas y prohibidas.
- Materias primas, preparación, características de los alimentos preparados, tolerancias relativas a los gérmenes, etc.
- Competencias y responsabilidades.

1.2.4. Normalización y normas

La normalización es la actividad por la que se fijan las especificaciones que caracterizan a un material (envase, embalaje...), a un producto (alimento, producto alimenticio, etc.), a sus condiciones de pureza (higiene, contaminación...), a un proceso (higienización, conservación, envasado, etc.), a las condiciones de seguridad en el producto o el proceso (sustancias o materias extrañas, residuos, contaminaciones...), a su servicio (distribución, transporte, venta, etc.), a la presentación (características organolépticas, envasado, etiquetado...), a su publicidad, etc.

En la década de los años setenta se aprobó mediante decreto la regulación de la normalización de los productos. A partir de entonces se fueron publicando las normas de calidad de los diferentes productos. Se entiende por normalización las condiciones que se determinan en los productos y que éstos han de cumplir para su aceptación por parte del comprador. Estas condiciones definen exactamente el producto que se ofrece.

La necesidad de la normalización tiene su origen en varios objetivos:

- Impedir la llegada al mercado de productos de baja calidad, es decir, los que no reúnen las características mínimas prefijadas.
- Permitir diferenciar las categorías comerciales, dando lugar a distintas cotizaciones.

La normalización es necesaria y útil porque no basta con que los productos alimentarios sean sanitariamente aptos para el consumo. Es preciso, también que exista homogeneidad en la oferta, no sólo a nivel de calidad, sino en cuanto a variedades, calibres, dimensiones materiales de envasado, acondicionamiento, peso, presentación y etiquetado.

Una norma contempla los siguientes apartados:

- Definición del producto.
- Disposiciones relativas a la calidad:
 - Características mínimas.
 - Clasificación: extra, I, II y III.
- Disposiciones sobre el calibrado.
- Disposiciones referentes a las tolerancias:
 - Tolerancias de calidad.
 - Tolerancias de calibre.
- Disposiciones relativas al marcado:
 - Identificación.
 - Naturaleza del producto.
 - Origen del producto.
 - Características comerciales.
 - Marca oficial de control.

La normalización constituye un lenguaje común entre los profesionales del comercio, a él deben acceder productores y consumidores.

Por otra parte, una norma obligatoria es una especificación técnica consensuada por todas las partes interesadas y cuya aplicación ha hecho obligatoria un reglamento. Esta normalización se regula mediante un decreto y afecta a diversos productos. A partir de esta definición general se publican normas de calidad de los productos; es decir, la norma es el producto de la normalización.

Se llama norma a *la especificación técnica elaborada con la cooperación y mediante el consenso de todas las partes interesadas y basadas en los resultados de la ciencia, la tecnología y la experiencia, cuyo fin es el mayor beneficio posible para la comunidad y que es*

aprobada por un organismo cualificado en el plano nacional, regional o internacional.

Una norma tiene carácter obligatorio cuando un reglamento ha hecho que su aplicación tenga tal carácter. De acuerdo con la definición de norma se deduce que hay normas de diferentes rangos, según sea el ámbito en que se apliquen: internacionales, regionales, nacionales, locales y privadas.

En el referido decreto se recomienda que la norma se adapte en la medida de lo posible a un esquema. Así, por ejemplo, la norma-marco para productos agrarios contiene estos apartados:

- Definición del producto.
- Objeto de la norma.
- Características mínimas de calidad, que son aquéllas por debajo de las cuales el producto no puede ser comercializado.
- Factores de clasificación. Se definen las características que se han de tener en cuenta para separar las diversas categorías.
- Clasificación. Las categorías de calidad son: extra, I, II y III.
- Tolerancias. Se establecen tolerancias de calidad y calibre. Estas tolerancias son del 5% para la categoría extra y del 10% para las restantes.
- Marcado. Aquí se fijan las indicaciones que definen al producto a efectos comerciales o para informar al consumidor, según los distintos tipos de envases.

En el cuadro siguiente se puede observar la concreción de esta norma al caso de las fresas (Cuadro 1.4).

En el caso de los productos ganaderos, la norma-marco es la siguiente:

- Nombre de la norma.
- Objeto de la norma.
- Ámbito de aplicación.
- Descripción o definición del producto.
- Descripción del proceso de fabricación.
- Factores esenciales de composición y calidad.
- Aditivos alimentarios.
- Contaminantes.
- Higiene.
- Factores de clasificación.
- Clasificación.
- Prohibiciones y tolerancias.
- Envasado.

Cuadro 1.4. Norma de calidad de la fresa. (Adaptado del folleto interpretativo de la norma de calidad de las fresas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.)

<p>Características mínimas de calidad</p>	<p>Las fresas deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Enteras, sin heridas. - Provistas de su cáliz y de un corto pedúnculo verde y no desecado (con exclusión de las fresas silvestres y sin perjuicio de las disposiciones particulares admitidas para la categoría III). - Sanas; se excluirán los productos atacados por podredumbre o de alteraciones que los hagan impropios para el consumo. - Prácticamente exentas de ataques de parásitos o de señales de enfermedades. - Limpias, prácticamente exentas de materias extrañas visibles. - Frescas, pero no lavadas. - Desprovistas de humedad exterior anormal. - Desprovistas de olor o sabor extraños. <p>Las fresas deben haber sido cuidadosamente recolectadas.</p> <p>El estado del producto debe ser tal que permita:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soportar el transporte y la manipulación, y - Llegar en condiciones satisfactorias al lugar de destino. 			
<p>Clasificación</p>	<p>Categoría extra</p>	<p>Categoría I</p>	<p>Categoría II</p>	<p>Categoría III</p>
<p>Calidad, aspectos y defectos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Calidad superior. - Coloración y formas típicas de la variedad. - Madurez, coloración y calibres uniformes y regulares. - Aspecto brillante de acuerdo con la variedad. - Exentos de tierra. 	<ul style="list-style-type: none"> - Calidad buena. - El aspecto, la forma y el calibre podrán ser menos homogéneos. - Podrán presentar una pequeña zona blanquecina en el vértice. - Ligeros defectos de forma. - Prácticamente exentos de tierra. 	<ul style="list-style-type: none"> - Calidad corriente. <p>Pueden presentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Defectos de forma. - Zona blanquecina de superficie igual o inferior a una quinta parte del fruto. - Ligeras lesiones secas que no puedan evolucionar. - Ligeras manchas de tierra. 	<ul style="list-style-type: none"> - Responden a las características previstas para la categoría II. <p>Pueden presentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ligeras magulladuras. - Zonas blanquecinas o verdosas de superficie total igual o inferior a la tercera parte de la del fruto. - Manchas de tierra que no alteren demasiado la presentación. - Frutos sin cáliz y sin daños que deben ser acondicionados aparte.
<p>Calibrado Diámetro máximo de la sección ecuatorial. (Para las fresas silvestres no se exige calibre mínimo.) - Calibre mínimo.</p>	<p>25 mm</p>	<p>22 mm, excepto para las variedades Primeilla y Gariguette, que es 18 mm.</p>	<p>22 mm, excepto para las variedades Primeilla y Gariguette, que es 18 mm.</p>	<p>15 mm</p>
<p>Tolerancias - Calidad en número y peso - Calibre</p>	<p>5%</p>	<p>10%</p>	<p>10%</p>	<p>15%</p>
<p>Los frutos tarados no podrán superar el 2% o el 10% en número o peso de frutos que no correspondan al calibre exigido.</p>				<p>Los frutos tarados no podrán superar el 4% o el 10% cuando los defectos afecten al cáliz o al pedúnculo.</p>

Presentación - Homogeneidad Acondicionamiento	- Origen, variedad y categoría de calidad.	- Origen.
	- La parte visible del contenido del envase debe ser representativa del conjunto. - Los papeles y materiales de protección serán nuevos, inodoros e inoocuos; las tintas y colas, no tóxicas. Envases en perfectas condiciones higiénico-sanitarias, exentos de cualquier cuerpo extraño. - Presentación muy cuidada.	

- Etiquetado y marcado.
- Toma de muestras.
- Determinaciones analíticas y métodos de análisis.

Una oferta de compra se rige por la Ley de Contratos de Administraciones Públicas. Este contrato presenta un apartado denominado Pliegos de Prescripciones Técnicas, que es el documento que define las características y las condiciones de un producto. Para su redacción se tienen en cuenta las normas de calidad del producto o de los productos que se van a contratar y las reglamentaciones técnico-sanitarias.

1.2.5. Certificación: normas UNE y normas ISO

La calidad de vida y la defensa del consumidor, por un lado, la seguridad y la transparencia del tráfico comercial, por otro, y, finalmente, la integración de nuestro país en la Unión Europea, son razones suficientes para que quede en evidencia la necesidad de unificar criterios de calidad en los bienes. Esta unificación se concreta en el empleo de materiales y productos normalizados.

Conviene aclarar qué se entiende por normalización y qué es norma. Para ello, recogemos las definiciones que aparecen en el Real Decreto 1614/1985:

La **normalización** es la actividad que aporta soluciones para aplicaciones repetitivas que se desarrollan, fundamentalmente, en el ámbito de la ciencia, la tecnología y la economía, con el fin de conseguir una ordenación óptima de un determinado contexto.

La **norma** es la especificación técnica aprobada por una institución reconocida con actividades de normalización, para su aplicación repetida o continua, y cuya observancia no es obligatoria.

Por otra parte, la **Norma Española** o **Una Norma Española (UNE)** es toda norma aprobada por el Consejo Superior de Normalización o asociaciones privadas creadas a partir del Real Decreto 1614/1985.

La normalización es certificable, es decir, que los organismos cualificados para certificar pueden ratificar, difundir y demostrar que lo que certifican es cumplido voluntariamente por aquellos que se han comprometido a hacerlo.

En la década de los ochenta se creó el Consejo Superior de Normalización, integrado por la Administración y por distintas instancias sociales y económicas. Sus funciones son consultivas y asesoras, y asumió las que venía realizando el Instituto Español de Normalización (IRANOR), centro dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

En la actualidad, existe la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), entidad privada creada por Orden del Ministerio de Industria y Energía en el año 1986. Esta entidad desarrolla actividades de Normalización y Certificación (N+C) para desarrollar una política de fomento de la calidad, la competitividad, la protección del medio ambiente y la defensa del consumidor, recogiendo tareas, actividades y funciones del antiguo IRANOR.

EN RESUMEN...

La normalización es una actividad encaminada a determinar las características técnicas que deberá reunir un producto o servicio. Pretende establecer un proceso que unifique criterios respecto a determinadas materias y que posibilite el manejo de un lenguaje común en un área concreta de actividad.

La normalización aporta beneficios, como éstos:

- Simplifica y unifica productos y procesos.
- Potencia el entendimiento de las partes involucradas en la producción y el consumo.
- Mejora el factor económico ya que se produce una racionalización y optimización de los procesos productivos.
- Favorece la seguridad, la salud y la protección de la vida, por cuanto que las normas que afectan a estos aspectos adquieren carácter obligatorio en la legislación de muchos países.
- Al favorecer la calidad de los productos, protege los intereses de los consumidores.
- Facilita la libre circulación de los productos.

Es decir, son normativas para cada uno de los puntos del proceso y, por tanto, afectan al control de calidad. Es un compendio de normas nacionales, de carácter paraestatal, aglutinadas por AENOR. Esta empresa es miembro de la Red-Eqnet, red europea que evalúa y certifica los sistemas de la calidad.

Las normas ISO, definidas por la Organización Internacional de Normalización, han sido establecidas por un conjunto de países y, por tanto, su carácter es internacional. Estas normas definen un determinado nivel de exigencias mínimas que han de satisfacer los sistemas de calidad de las empresas suministradoras, para que se tenga garantía de que satisfarán las necesidades de los clientes.

Inicialmente, las normas se referían a la definición del producto, a los requisitos que debía cumplir. Más tarde, se añadieron pautas que aseguraran su calidad, haciendo innecesaria la verificación en la recepción. Sin embargo, estas normas, producto a producto, resultaban engorrosas, por lo que se dio paso a otras, referidas, no tanto a la calidad del producto, sino a la eficacia del sistema de calidad de la empresa. Así pues, se ha evolucionado desde un planteamiento como: ¿qué producto tiene que hacer una empresa? a otro del tipo: ¿qué sistemas de calidad ha de tener una empresa?, es decir, ¿qué sistemas gobiernan la empresa para que ésta produzca con calidad?

La internacionalización o globalización de los mercados impone que estas normas básicas sean las mismas a través de las diferentes fronteras políticas, esto es, que el criterio sistema de calidad no varíe con la nacionalidad de las empresas relacionadas por el contrato de compra. Así se ha evolucionado hacia un conjunto de normas de reconocimiento internacional. El grupo de

normas ISO 9000 establece los criterios mínimos que debe cumplir el sistema de calidad de una empresa para asegurar la calidad de sus productos; se trata de un conjunto de condiciones que ha de reunir un sistema de calidad ya existente. El objetivo de un sistema de calidad que satisfaga una norma ISO 9000 es disminuir los costes y mejorar la calidad.

PARA SABER MÁS...

El grupo de normas ISO 9000 contiene básicamente cuatro clases de normas principales:

- **La norma ISO 9001** es un modelo para asegurar la calidad en el diseño, el desarrollo, la producción, la instalación y el servicio posventa. Es la más completa.
- **La norma ISO 9002** es un modelo para el aseguramiento de la calidad en la producción, la instalación y el servicio posventa.
- **La norma ISO 9003** asegura la calidad en la inspección y en los ensayos finales.
- **La norma ISO 9004** define los elementos principales que debería satisfacer un buen sistema de la calidad.

Para obtener certificación de que se cumple la norma ISO 9000 hay que tener en vigor procedimientos documentados y actualizados que demuestren que la empresa planifica y controla los procesos.

PARA SABER MÁS...

Existen diversas clases de certificación. Son las que siguen:

- **La homologación de un producto, proceso o servicio.** Es el documento que ratifica el acto de comprobación y aprobación, extendido por un organismo que tiene atribuida tal facultad y reconocido por las partes interesadas. Cuando la Administración hace la homologación, se llama homologación oficial. Si se lleva a cabo en el ámbito de la Unión Europea, las autoridades competentes de un Estado miembro constatan que un tipo de producto se ajusta a las prescripciones técnicas de las directivas comunitarias en la materia, utilizando para comprobarlo los métodos establecidos en las mismas.
- **La marca de calidad.** Se trata del distintivo, concedido por el organismo autorizado para ello, que acompaña a un producto que cumple las especificaciones técnicas en que se basa la valoración de la calidad y que figuran en normas específicas obligatorias reconocidas por ese organismo. En este sentido, para fomentar la calidad de los productos alimentarios, cada Comunidad Autónoma crea una marca o distintivo que sólo se puede poner en aquellos productos que cumplan los reglamentos técnicos sanitarios y de calidad establecidos por ella en sus niveles superiores. Este distintivo implica que una entidad especializada controla periódicamente el producto, hasta que se

incorpora a los canales de comercialización. Son ejemplos de esto el distintivo Q de Cataluña, o la representación gráfica de los alimentos de Extremadura.

- **La denominación de origen.** Se entiende por tal el nombre geográfico de la región, la comarca, el lugar o la localidad que se emplea para designar un producto que tenga cualidades y caracteres diferenciales debido, principalmente, a su medio natural, elaboración y crianza. Sirvan como ejemplos los jamones de Jabugo, Teruel y Guijuelo; los vinos de Rioja, Ribeiro, Navarra y Penedés; o los quesos manchego, de El Roncal, de Cabrales, de Cantabria, de Mahón, etc.
- **La denominación genérica de calidad.** Son certificaciones aplicables a los productos que tienen caracteres comunes y especiales a causa de su naturaleza, de los sistemas de producción empleados o de los procedimientos de transformación, elaboración y fabricación. Es el caso del arroz del Delta del Ebro, o del aperitivo, el vermut y el vino quinado para los vinos aromatizados.
- **La denominación específica de calidad.** Consiste en una certificación aplicable a un producto que tiene cualidades diferenciadas entre las de otros productos de su misma naturaleza debido a la materia prima que se utiliza para su elaboración, a su medio natural o a los métodos con que se elabora. Como ejemplos, se pueden mencionar las judías de El Barco y el vino de cava.

Por otra parte, el Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR) publica las normas UNE. Esta institución es miembro de la Organización Internacional de Normalización que también publica sus propias normas, las ISO, en inglés.

Existen otras entidades y países que definen normas para un sector de actividad concreto, pero de gran difusión internacional. Es el caso de la Federación Internacional Lechera, que publica las normas FIL en francés e inglés, de la Asociación Francesa de Normalización (AFNOR), que publica sus normas de análisis, o de la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para los Alimentos (ICMSF), que elabora diversos documentos sobre técnicas de microbiología aplicadas a alimentos.

1.3. Especificaciones de calidad

La redacción de las especificaciones de calidad para un producto es un paso muy importante para planificar un programa de control de calidad. Así, encontramos especificaciones de calidad tanto para la compra como para la venta.

Es fundamental comprar todas las materias primas a proveedores que se atengan a unas especificaciones precisas y actualizadas, porque éstas constituyen los pilares básicos del sistema de control de calidad y porque la calidad y la seguridad de los productos se juzga a partir de ellas.

Las especificaciones de calidad tienen como base una norma, así como también otras especificaciones que tengan en cuenta los objetivos de la empresa o institución, ya que tales especificaciones deben satisfacer, entre otras cosas, los deseos de los consumidores. En este sentido, existen normas de instituciones u organismos gubernamentales que compran en grandes cantidades. Estos organismos redactan sus propias prescripciones técnicas de compra, que son muy completas, y que proporcionan a los elaboradores y envasadores información sobre la calidad de un producto que quizás no esté comprendido en las normas de calidad en vigor.

Los documentos que recogen las especificaciones de calidad deben incluir todas las características y los criterios mínimos necesarios para aceptar un producto (Cuadro 1.5).

Existen diferencias entre las especificaciones de calidad para los productos perecederos y no perecederos o elaborados (lista de defectos, clasificación de los defectos y límites de frecuencias permitidos).

Los alimentos perecederos son aquellos que tienen un plazo de consumo relativamente corto. Se trata de alimentos que se consumen crudos: frutas, hortalizas frescas, pescados, carnes, huevos y algunos productos elaborados de panadería y repostería.

Cuadro 1.5. Características mínimas necesarias que se han de incluir en las especificaciones de calidad.

- Descripción de las instalaciones del proveedor/elaborador.
 - Descripción de la materia prima y su funcionalidad.
 - Lista de ingredientes.
 - Factores intrínsecos detallados y límites de tolerancia.
 - Criterios microbiológicos para aceptarla.
 - Planes de muestreo analíticos y microbiológicos.
 - Requisitos del etiquetado.
 - Condiciones de almacenamiento y distribución.
 - Instrucciones de uso y manipulación segura.
 - Descripción del tipo de envase, el tamaño y la cantidad.
- (Adaptado de Mortimore, S. Wallace, C.: *HACCP enfoque práctico*. Ed. Acribia, Zaragoza, 1996.)

Los productos elaborados y envasados en recipientes herméticos y microbiológicamente estériles se consideran impercederos a todos los efectos prácticos, ya que son comestibles indefinidamente. El sistema de control de calidad en cuanto a las fases de transporte y comercialización para los productos tratados por el calor es menos importante que en otros productos elaborados, como los de panadería, repostería o congelados, en los que resulta fundamental el control en los canales de distribución. En un producto elaborado hay que controlar la materia prima, los envases, el proceso de fabricación y la variación de la calidad durante el almacenaje y el transporte.

1.3.1. Aplicación práctica de las especificaciones de calidad: especificaciones de compra o pliego de prescripciones técnicas

Ya se ha señalado que en los contratos de compra hay un apartado que recoge la especificación técnica del producto. Es en este pliego de prescripciones técnicas donde se describen las características que se requieren para aceptar el producto.

Cuando se van a describir esas características se tiene que partir de los documentos marco que, como se ha indicado antes, son las normas para cada producto recogidas en las reglamentaciones técnico-sanitarias. En caso de que las características no estén legisladas, la experiencia profesional y los datos de las investigaciones aconsejarán su concreción.

Las prescripciones técnicas deben contemplar los siguientes apartados:

- Nombre del producto, especie, variedad, tamaño o calibre y categoría comercial.

- Formas de presentación, envasado y transporte.
- Condiciones microbiológicas, físicas y químicas, cuando interesen, según las disposiciones oficiales que afecten al alimento en cuestión, si bien no son obligatorios.
- Se indicarán las disposiciones del BOE o las autonómicas en que estén contenidas las normas que afectan al comercio y la calidad del alimento. Estas disposiciones servirán para efectuar las comprobaciones, complementadas con las del párrafo anterior, si las hay.

- Se reservará el derecho de inspeccionar la instalación del proveedor para evitar todo aquello que no reúna unas condiciones idóneas.
- Plan de muestreo, procedimiento de inspección y criterio de aceptación y rechazo.

Para favorecer la comprensión del procedimiento, nos ocuparemos de dos ejemplos prácticos: uno, con unas prescripciones técnicas muy definidas, y otro en el que se ha de completar o recoger alguna característica que parezca interesante (Cuadro 1.6).

Cuadro 1.6. Ejemplos de pliegos de prescripciones técnicas para la adquisición de leche y magdalenas.

<p>Código: X.XX.XX.XX. LECHE</p> <p>Cumplirán las disposiciones de la reglamentación técnico-sanitaria y normas específicas propias.</p> <p>Se admitirá leche entera y desnatada con las formas de conservación que a continuación se expresan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leche entera higienizada en envases de 1 litro y de colectividades. • Leche entera UHT: en envases de 1 litro. • Leche desnatada UHT: en envases de 1 litro. <p>Envasado: los envases serán rígidos tipo purepak, tetra-rax, tetra-brik para los de litro, según el tipo de leche, admitiéndose no rígido para los de colectividades.</p> <p>Caducidad: la fecha de consumo preferente a la recepción de los productos será, como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En la leche higienizada, 144 horas o 6 días. - En la leche UHT, de 2,5 meses. <p>Oferta: se hará en ptas./litro especificando la marca comercial.</p>	<p>Código: X.XX.XX.XXX HARINAS Y DERIVADOS</p> <p>Subgrupo: Bollería. Producto: MAGDALENAS</p> <p>Cumplirán la reglamentación técnico-sanitaria correspondiente, admitiéndose, exclusivamente, los productos que reúnan las siguientes características:</p> <p>Sólo se podrán ofertar productos de bollería que hayan sido sometidos a un proceso industrial de elaboración y conservación, sin adición de chocolate ni rellenos de cremas.</p> <p>Al realizar la oferta se remitirá la composición cualitativa y nutricional. No se aceptarán los productos elaborados con aceite de coco, palma y palmiste o con grasas hidrogenadas, y la relación ácidos grasos saturados/insaturados será, como máximo, de 0,5.</p> <p>Además de las exigencias establecidas, en los casos que se considere oportuno se podrá pedir muestra previa para comprobación de la composición especificada o de los caracteres organolépticos mediante panel de catadores bajo la dirección del Servicio de Bromatología, cuyo dictamen se tendrá en cuenta para la adquisición del producto.</p> <p>Envasado: los envases serán en raciones individuales, indicando el peso de la unidad comercial.</p> <p>Caducidad: la fecha de consumo preferente a la recepción será, como mínimo, de 3 meses.</p> <p>Oferta: la oferta se realizará en ptas./unidad o ración individual o ptas./kg.</p> <p>El producto deberá reunir las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Peso de las dos unidades: de 65 a 75 gramos. - Homogeneidad: máximo 1,01. - Humedad: máximo 15%. - Proteínas: mínimo 6%. - Cenizas: máximo 0,20%. - Grasa: máximo 30%. - Envases individuales de dos unidades. <p>(Adaptado de las prescripciones técnicas del Servicio de Bromatología del Hospital Militar Gómez Ulla.)</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Para el primer caso tomamos como ejemplo la leche. Es un alimento que tiene una legislación muy completa; por tanto, al realizar la prescripción técnica se remite, en primer lugar, a las reglamentaciones técnico-sanitarias y a las normas que regulan sus características sin necesidad de especificar nada más en este apartado. A continuación, se ha de hacer referencia a los tipos que se desean y a su forma de presentación y envasado. Finalmente, se indica la fecha de consumo preferente, indicación que debe conservar en el momento de su recepción, y las características económicas que tiene que cumplir la oferta.

En el segundo caso, se presentan las prescripciones técnicas de un producto del que están reglamentadas las materias primas con las cuales se elabora el alimento, las condiciones de fabricación, el utillaje, etc. Se trata de las magdalenas, dentro del subgrupo de la bollería. Aquí, se recogen las características que interesan a la institución y que han de conocer los proveedores. Así, se hace referencia a las reglamentaciones técnico-sanitarias existentes en lo que afectan al producto; luego, se indican las condiciones generales de este subgrupo de alimentos, que está dentro del grupo de harinas y derivados, asimismo, se definen ciertas exigencias

en cuanto a la composición cualitativa y nutricional. Como en el caso anterior, se especifica la forma de presentación, la caducidad y las características de precio.

En este segundo caso, además, al no existir ninguna norma que lo regule, la institución establece una serie de criterios que le parecen convenientes en cuanto a homogeneidad del producto, composición, etc., a éstas se podrían añadir otras características que nos interesen, por ejemplo, cantidad mínima de huevo en % o relación de ácidos grasos saturados/insaturados.

1.4. Niveles de control de calidad

En los apartados anteriores hemos ido exponiendo diversos aspectos del concepto de calidad, su marco legislativo, sus aplicaciones, etc., para posibilitar su comprensión y su posterior aplicación a cada uno de los procesos que se irán desarrollando en las diferentes unidades de trabajo. No obstante, ya podemos tener claro que en el control de calidad cabe enumerar unas categorías esenciales de caracteres a los que deben responder los diversos productos. Son tres las categorías:

- **Caracteres organolépticos.** Son los caracteres apreciables por los sentidos. Se refieren a la forma, el color, la consistencia, la homogeneidad, la presentación, el perfume, el aroma, el olor, la delicadeza, etc. Estos caracteres son, en su mayoría, de apreciación subjetiva, pero cuando existe un panel de catadores o se utilizan sistemas específicos de determinación del color o de la textura, sus datos son comprobables estadísticamente.
- **Caracteres de salubridad e inocuidad.** Un alimento es sano cuando está en buen estado de conservación y se reconoce como apto para el consumo. Un alimento no es nocivo cuando su ingestión, incluso prolongada en el tiempo, no es susceptible de causar trastornos en el organismo del consumidor. Esta clase de caracteres se pueden apreciar de manera objetiva (control microbiológico, químico), aunque también la apreciación subjetiva puede emplearse hasta un cierto nivel.
- **Caracteres nutritivos.** El valor nutritivo de un alimento está en función, esencialmente, de su composición y consiste en su aptitud para satisfacer las necesidades del organismo. Estos caracteres son puramente objetivos y se pueden determinar de manera precisa mediante control químico.

La comprobación de estas tres categorías de caracteres, fijados en las normas y en las prescripciones técnicas, es lo que nos determinará la calidad de los diferentes productos.

1.4.1. Control de calidad sensorial

Una vez tomada la muestra, se procede a ensayos no destructivos. Estos ensayos se basan en un análisis sensorial, es decir, en comprobar todos aquellos parámetros que captan los órganos del gusto, el olfato y la vista, principalmente.

Este tipo de análisis, no obstante, presenta diversos inconvenientes: no es preciso, no es reproducible, la expresión de los resultados varía, etc. Por eso, se tiende a hacer análisis instrumentales, de tal modo que en la industria alimentaria se utilizan aparatos que indican el grado de conservación, otros con los que se mide el color de las frutas...

Los caracteres sensoriales se pueden clasificar en tres clases:

- **De apariencia.** Son los que se observan a través de los sentidos: el color, la forma, el tamaño y los defectos.
- **Cinestéticos.** Son los que se aprecian por el tacto –mano y boca–, es decir, la textura.
- **De aroma.** Los captan las papilas gustativas y el olfato, y se refieren al conjunto de olor y sabor.

La forma y el tamaño son factores muy evidentes de calidad y que se pueden medir y controlar mediante calibradores, balanzas, etc. La clasificación por tamaños y la uniformidad constituyen un medio indirecto de resaltar la calidad ante la apreciación del consumidor.

Asimismo, los defectos influyen en la calidad y, por tanto, quedan fijados en las normas, junto con las tolerancias en las categorías comerciales.

La textura comprende todas las características de un producto que no sean el color, el sabor, la forma ni el tamaño.

No obstante, al tratar la textura nos basaremos en la sensación que un producto produce al tacto –propiedad de superficie– o en la masticación –propiedad mecánica–. Entre estas propiedades quedan englobadas características como la dureza, la cohesión, la viscosidad, la elasticidad, etc.

Existen muchos ejemplos de análisis no destructivos. Éstos son algunos ejemplos:

- **Color.** En los tomates, los grados de coloración: verde, viraje, pintón y maduro; en las carnes, también la coloración: rosa claro, rosa, rojo claro...
- **Forma.** En los plátanos, la forma redondeada que casi elimine las costillas; o en tomates asurcados, la profundidad de los surcos.

1.4.2. Control de calidad químico

Una vez realizados los análisis sensoriales, en algunos casos se procede a los ensayos destructivos, como es la determinación del nitrógeno básico volátil en pescados, el contenido de zumo en las frutas, la investigación de lesiones internas, el contenido en azúcar, de humedad, de grasa, etc.

El control de calidad químico en la recepción depende de la clase de alimentos; de forma general, distinguiremos entre perecederos y productos elaborados.

El control químico de los alimentos perecederos se realiza mediante un análisis subjetivo, es decir, examinando los caracteres externos –no olvidemos que estos alimentos ya están sujetos a unas normas establecidas en la legislación–. En estos casos, la inspección sigue estos pasos:

- Realización de un muestreo, escogiendo al azar, para tener una idea de la variación de la calidad dentro del envase.
- Comprobación de las condiciones de etiquetado y envasado, así como de la distribución de los productos en la caja y su peso neto.
- En cuanto al producto:
 - a) Inspección general: variedad y/o especie, coloración, forma, desarrollo, homogeneidad, presencia de defectos en la superficie de la piel debida a enfermedades u otras causas y pertenencia a la categoría comercial contratada.
 - b) Inspección más concreta:
 - Pescado: aspecto de los ojos, branquias, abdomen y/o peritoneo, textura, aletas, etc.
 - Canales: conformación, coloración, edad, grado de engrasamiento, presencia de lesiones, ganglios infartados...
 - Huevos: cámara de aire y aspecto (sucios o rotos).
 - c) Determinaciones analíticas concretas:
 - Frutas: grado de madurez (naranjas, uvas) y presencia de almidón (manzanas, peras).
 - Pescado: pH y nitrógeno básico volátil.
 - Moluscos: porcentaje de rotos e índices de líquido escurrido.
 - Carne: pH.
 - Huevos: alturas de las claras viscosas en relación con el peso (unidades Haugh).

En el caso del control de calidad químico en la recepción para los alimentos elaborados es importante hacer lo siguiente:

- a) Determinaciones generales:
 - Un adecuado muestreo.
 - Calidad de la materia prima.
 - Calidad de los envases.
 - Control de llenado de los envases.
 - Control en el etiquetado, el rotulado y la presentación del producto (natural, en su jugo y en aceite).
- b) Determinaciones físico-químicas específicas:
 - Conservas: producto envasado por un lado y, por otro, el líquido. En cuanto al líquido: pH, turbidez, grado Brix –almíbar–, presencia de parásitos, etc.
 - Leche: grasa, proteínas, lactosa, cloruros, fosfatos, presencia de conservantes...
 - Jamón York: relación humedad, proteínas y presencia de almidón.
 - Aceite: calidad y detección de mezclas.
 - Verduras: cenizas, humedad y, en algunos tipos de verdura, como las espinacas, nitrito y arena.
 - Pescado: solubilidad de las proteínas, exudado y enranciamiento.

PARA SABER MÁS...

Actualmente, en lugar de la solubilidad de las proteínas, se recurre a la determinación del factor K, de forma que si $K < 30\%$, el alimento es fresco.

$$K = \frac{\text{Inosina} + \text{Hipoxantina}}{\text{IMP} (*) + \text{Inosina} + \text{Hipoxantina}} \cdot 100$$

(*) ac. inosínico

En el caso de las carnes: exudado y grado de enranciamiento.

- Alimentos precocinados: porcentaje de los ingredientes, sea directamente, cuando el tamaño lo permita, sea con lupa o con microscopio para los alimentos triturados o la composición química del alimento.
- Alimentos dietéticos: osmolaridad, viscosidad, pH.
- Alimentos cocinados en dietas especiales: presencia de sal, de gluten, porcentaje de proteínas, porcentaje de grasa, etc.

1.4.3. Control de calidad microbiológico

Forma parte de cualquier programa de control de calidad de los alimentos, tanto la identificación y el registro de sustancias extrañas o contaminantes que, aun sin suponer ningún riesgo para la salud, pueden inutilizar el alimento, como otros cuerpos extraños de origen biológico –bacterias, mohos, levaduras, insectos y roedores– que en algunos casos son patógenos y constituyen un riesgo para la salud. Cuando no son patógenos, pueden alterar las características organolépticas del alimento –color, sabor, textura– haciéndolo incomedible.

Como las posibles fuentes de contaminación son numerosas, las medidas de control deben ser muy eficaces para impedirla.

Los alimentos se pueden deteriorar por diversas causas: insectos, acción enzimática (pardeamiento enzimático), procesos químicos (hidrólisis, oxidación, pardeamiento no enzimático), procesos físicos (humedad, sequedad) y microorganismos.

Desde el punto de vista de control de la calidad y de la higiene, es importante conocer estas alteraciones para poder dominar los procesos y combatirlas. Conviene tomar precauciones para evitar la contaminación en todas las fases del tratamiento de los alimentos; de este modo se evitará la alteración microbiana.

Otro factor que hay que tener en cuenta es la carga microbiana, tanto de tipo cuantitativo como cualitativo, es decir, el número de gérmenes y la naturaleza de la flora. Además de los mecanismos higiénicos, otros factores afectan a la flora bacteriana. Son éstos:

- Caracteres físico-químicos del alimento.
- Tratamiento de higienización y/o conservación.
- Condiciones ambientales.
- Características de las especies contaminantes.

Es frecuente que durante el proceso de alteración la flora bacteriana evolucione, de tal modo que las especies iniciales dan paso a otras a medida que el proceso va modificando las condiciones ecológicas del alimento.

Los métodos analíticos utilizados en el control de calidad microbiológico identifican a los organismos y su cantidad por gramo o mililitro de producto. A partir de estos datos, se evalúa el posible riesgo que para la salud presenta un alimento.

Un aspecto básico del control de calidad microbiológico es el mantenimiento de las condiciones higiénico-sanitarias de las instalaciones y del equipo para impedir la contaminación microbiológica.

El programa de control de calidad microbiológico incluye:

- El control en la manipulación rápida de los productos perecederos: refrigeración rápida después del empaquetado o tratamiento, con objeto de reducir la carga microbiana.
- Controles microbiológicos de las materias primas.
- El control en el lavado y la preparación de los productos crudos.
- El control microbiológico de los equipos y canales.
- El control en el tiempo y la temperatura de los procesos de fabricación.

EN RESUMEN...

El control de calidad microbiológico en la recepción se aplica tanto a los alimentos perecederos como a los no perecederos, con el objetivo de determinar si reúnen las condiciones microbiológicas especificadas en el pliego de prescripciones técnicas.

Cada alimento requiere un tipo de investigación microbiológica, pero, como norma general, se buscará la presencia del germen patógeno más frecuente en él.

Con carácter general, se determinará:

- El número de unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro de producto a 31°C.
- El número de gérmenes esporillados por gramo.
- El número de gérmenes anaerobios por gramo.
- El número de gérmenes psicrófilos por gramo a 17°C.
- El número de enterobacteriáceas lactosa positivo (coliformes) por gramo.
- El número de enterobacteriáceas totales por gramo.
- El número de *Escherichia coli* por gramo.
- El número de estreptococos fecales por gramo.
- El número de *Clostridium* sulfito reductores por gramo.
- El número de estafilococos enterotoxigénicos por gramo.
- El número de *Bacillus cereus* por gramo.
- La presencia de *Salmonellas* o *Shigellas* en 25 o 50 gramos de alimento.
- El número de mohos y levaduras por gramo.

De forma más específica, para los alimentos perecederos, se han de determinar los gérmenes patógenos y alterantes de cada alimento o producto.

En cuanto a los alimentos elaborados, se determinarán los microorganismos indicadores de contaminación.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

- 1 Elaboración de una propuesta de procedimiento general para hacer una especificación de compra en la que se recojan las especificaciones de calidad.
- 2 Realización de un trabajo de investigación para un determinado producto perecedero describiendo el producto y los puntos claves de control. Confección de una lista en la que aparezcan todos los pasos y se indique la influencia que cada uno de ellos tiene en el control de calidad del producto. De todos los puntos seleccionar los puntos claves.
 - Producción y cultivo (selección de la variedad, siembra, cultivo, abono y riego).
 - Lucha contra plagas.
 - Inspección previa a la recolección.
 - Recolección: instrucciones a los capataces y a los peones. Definición del punto exacto de madurez. Selección de calidad a la recolección.
 - En la fábrica: descarga, lavado, limpieza, selección por tamaño y pesaje.
 - Transporte al mercado.
 - Calidad en el mercado.
- 3 Planteamiento de Actividad 2, pero ahora, para un producto no perecedero.
- 4 Recopilación y puesta en común de las definiciones para los fines del Codex Alimentarius (alimento, higiene del alimento, aditivo alimentario, contaminante, plaguicida, límites máximos, etc.).

- 5 Realización de diversas prescripciones técnicas para comprar varios productos, delimitando la utilidad: consumo –casero o para una institución– o uso industrial, con la utilidad de los documentos legislativos (reglamentación técnico-sanitaria, normas de calidad, etc.).
- 6 Práctica de ejercicios en los que se pueda comprobar la existencia de un control de calidad en el trabajo aplicando conocimientos estadísticos. Se propone el ejemplo que sigue:

Imaginemos que la normativa, para ciertos alimentos acidificados, establece como límite superior de pH los valores de 4,5 y 4,6 con 2 veces la desviación típica (en estos rangos se impide la germinación de esporas del *Clostridium botulinum*). Se examinan una serie de botes de conserva de ese producto, obteniéndose los siguientes resultados de pH.

4,05	4,10	4,12	4,06	4,07
4,20	4,08	4,15	4,03	4,14
4,18	4,19	4,09	4,13	4,07
4,17	4,21	4,30	4,34	4,24
4,21	4,12	4,28	4,15	4,23
4,12	4,07	4,27	4,35	4,42
4,16	4,12	4,45	4,36	4,23
4,12	4,08	4,34	4,34	4,35
4,09	4,10	4,06	4,35	4,12
4,16	4,23	4,21	4,34	4,05

Hallar la media y la desviación típica y estudiar e interpretar los resultados obtenidos.



TIPOLOGÍA DE LAS ALTERACIONES DE LOS ALIMENTOS

1. Alteraciones en los alimentos. 2. Alteraciones físicas en los alimentos.
3. Oxidación de lípidos. 4. Pardeamiento no enzimático. 5. Pardeamiento enzimático.

2.1. Alteraciones en los alimentos

En la unidad precedente nos hemos ocupado de las características que definen la calidad en los alimentos, de los procedimientos para obtener unos niveles de calidad óptimos, así como de los sistemas y organismos que pueden realizar el control de esos márgenes de calidad.

Pero, al hablar de alimentos, no hemos de olvidar que, en la mayor parte de los casos nos estamos refiriendo a sistemas biológicos complejos en los que se producen cambios; debidos, a veces, al propio desarrollo metabólico de esos sistemas: una pieza de carne, aunque separada del organismo animal de origen, aún contiene enzimas, reservas de moléculas energéticas y de otras moléculas activas que permiten reacciones biológicas; de la misma forma, una pieza de fruta, si bien ya ha sido recolectada, es un sistema de tejidos vivos que siguen transformándose.

En otras ocasiones, los cambios se originan por efectos naturales muy difíciles de evitar –luz, oxígeno, humedad, temperatura ambiente, etc.– que pueden desencadenar reacciones entre moléculas existentes en el alimento; consideremos las manipulaciones tecnológicas a las que se someten los alimentos: la aplicación de calor para esterilizar o cocinar, el troceado, el envasado, la molienda, la deshidratación...

A todo esto hay que añadir la acción de agentes biológicos, microorganismos y parásitos, que pueden existir en el alimento como flora habitual o ser consecuencia de contaminación ambiental, habitual o accidental.

Finalmente, también podemos encontrar sustancias extrañas añadidas al alimento con fines culinarios para

hacerlo más agradable (aderezantes y especias), o con fines tecnológicos para mejorar su aspecto o conservación (aditivos). Asimismo, de forma accidental durante su proceso de producción, se puede descubrir pesticidas, residuos de metales pesados; o, incluso, para incrementar los beneficios de la producción, anabolizantes.

Así pues, son muchos los elementos que intervienen en un alimento cualquiera, modificando sus características y, de forma directa o indirecta, repercutiendo en su calidad.

Es necesario, por tanto, conocer el marco general en el que se desarrollan las principales alteraciones que sufren los alimentos: unas tienen **origen biótico**, es decir, las producen directa o indirectamente organismos vivos, y en otras su **origen es abiótico**, relacionadas con sustancias químicas.

Hemos de aclarar que esta clasificación de las alteraciones de los alimentos no se debe considerar cerrada ya que, al ser nuestro objeto de estudio un sistema complejo, los dos grandes factores indicados interactúan entre sí y con los alimentos, facilitando la aparición de alteraciones múltiples.

Por conveniencia didáctica, nos serviremos de la siguiente clasificación de las alteraciones, sin perder de vista las imbricaciones que unas y otras tienen:

ALTERACIONES DE LOS ALIMENTOS

<i>Físicas</i>	Luz
	Oxígeno
	pH
	Humedad
	Temperatura

- Abióticas**Bioquímicas: Oxidación de lípidos
Pardeamientos
- Químicas: Tóxicos naturales
Contaminantes
Aditivos
- Bióticas**Microbiológicas
Parasitológicas

En esta unidad nos vamos a ocupar de las alteraciones físicas y abióticas bioquímicas, dejando para unidades de trabajo sucesivas las microbiológicas y parasitológicas.

2.2. Alteraciones físicas en los alimentos

Los agentes físicos, mediante acción directa y exclusiva, producen alteraciones discretas en los alimentos, pero en cambio desempeñan un papel importantísimo como desencadenantes, acondicionantes o catalizadores de otros tipos de alteraciones.

Aquí analizaremos brevemente las modificaciones que causan algunos agentes físicos sobre los alimentos, los cuales se refieren fundamentalmente a pérdidas nutritivas. Dejamos el estudio de los efectos directos sobre tipos concretos de alimentos para las unidades en las que se trate cada alimento en cuestión.

2.2.1. Luz

La energía aportada por la radiación luminosa puede desnaturalizar algunos nutrientes, ya sea directamente o favoreciendo la reacción con otros compuestos. Así, algunos aminoácidos, como la histidina, el triptófano, la tirosina o la metionina se pueden desnaturalizar frente a algunos activadores, como los ácidos grasos oxidados o la vitamina B₁₂, que es fotosensible; asimismo, también es conocida la diferente fotosensibilidad de algunas vitaminas (Cuadro 2.1). Además, como veremos más adelante, la luz aporta energía para desencadenar o para favorecer otras reacciones que alteran los alimentos.

2.2.2. Oxígeno

La principal acción del oxígeno es oxidar diferentes componentes de los alimentos y producir pérdidas nutritivas o alteraciones organolépticas. Esta acción es muy evidente en las frutas y verduras o en las vitaminas (Cuadro 2.1). Además, al igual que la luz, es un importante factor desencadenante de otras alteraciones más complejas.

2.2.3. pH

Las alteraciones del pH habitual para un alimento determinado puede provocar la desnaturalización de diferentes compuestos, como las proteínas, o la desestabilización de la forma física en que se presenta, como puede ocurrir en los coloides. Además, favorece que se desencadenen otras reacciones, como los procesos de pardeamiento; de igual manera, puede potenciar o inhibir la proliferación de microorganismos, que producirán sus propias alteraciones.

Cuadro 2.1. Sensibilidad de algunas vitaminas a ciertos agentes físicos.

Vitaminas	Luz	Calor	Oxidación
A	Muy sensible	Sensible	Muy sensible
D	Muy sensible	Sensible	Muy sensible
E	Sensible	Poco sensible	Sensible
K	Muy sensible	Estable	Sensible
C	Poco sensible	Sensible	Muy sensible
B ₁	Sensible	Muy sensible	Estable
B ₂	Muy sensible	Estable	Estable
B ₆	Sensible	Estable	Estable
B ₁₂	Sensible	Estable	Estable
Niacina	Estable	Estable	Estable
Ácido pantoténico	Estable	Sensible	Poco sensible
Ácido fólico	Sensible	Estable	Sensible

2.2.4. Humedad

La presencia de una mayor o menor cantidad de agua en el alimento condiciona muchas de sus características: estado físico, presencia o ausencia de microorganismos, etc. Además, el agua disponible es un buen catalizador para diferentes reacciones de alteración, de ahí que sea uno de los factores físicos que más cuidadosamente habrá que controlar para prevenir el deterioro de ciertos alimentos.

2.2.5. Temperatura

Las modificaciones de la temperatura tienen efectos inmediatos sobre las alteraciones del alimento, como son la desnaturalización proteica y la inactivación de vitaminas, disponer de energía suficiente para desencadenar reacciones o favorecer o impedir la actuación de enzimas.

Éstas son todas las posibles causas físicas de alteración de los alimentos, que cobran verdadero significado cuando se estudian respecto a un alimento concreto, como veremos en unidades posteriores, o cuando se contemplan como desencadenantes o facilitadores de otras clases de alteraciones, que es de lo que nos ocuparemos a continuación.

2.3. Oxidación de lípidos

La oxidación de lípidos es una de las causas principales de deterioro de los alimentos, que origina la aparición de sabores y olores desagradables en el transcurso de un proceso que, en conjunto, se conoce como **enranciamiento** de los aceites y de los alimentos que contienen grasas. El proceso tiene gran interés en la industria alimentaria, pues hace que los alimentos en que aparece sean inaceptables para el consumidor o disminuye la vida útil de éstos.

Además de afectar a las características organolépticas, también puede hacer disminuir la calidad nutricional del alimento e, incluso, convertirlo en insalubre, pues algunos de los productos de la oxidación son potencialmente tóxicos.

No obstante, como también sucede en la mayoría de los procesos de alteración, para ciertos productos es deseable un cierto grado de oxidación, ya que ésta es responsable de algunas características organolépticas definitorias de esos alimentos: es el caso de algunos quesos o de los fritos.

Por su importancia y su extensión en la alteración de los alimentos, la oxidación de lípidos es un proceso muy estudiado, aunque, por tratarse de una serie de

reacciones muy complejas, se han utilizado modelos simples que ayuden a comprender íntimamente los procesos que se generan. De estos análisis se han obtenido informaciones muy útiles, pero es evidente que una grasa simple no se comporta igual de forma aislada que cuando se la somete a interacciones en un sistema complejo como es un alimento real; por eso, aún quedan bastantes aspectos que aclarar en estas alteraciones.

2.3.1. Sustratos y catalizadores

Se suele admitir que la principal reacción implicada en el proceso es una "autooxidación", es decir, una reacción con oxígeno molecular de los lípidos que están presentes en el alimento. Esta reacción puede estar mediada o no por sistemas enzimáticos.

Los principales sustratos de estas reacciones son los ácidos grasos insaturados. Estos ácidos se oxidan más rápidamente en forma libre que cuando forman parte de otras moléculas más complejas, como los fosfolípidos, pero parece ser que la característica determinante es su grado de insaturación, con una velocidad de oxidación creciente según aumentan las insaturaciones en las moléculas. Un ácido graso saturado necesita temperaturas superiores a 60°C para oxidarse, mientras que un poliinsaturado sufre oxidación durante su almacenamiento, incluso, bajo congelación.

RECUERDA...

Los lípidos son un amplio grupo de sustancias cuya característica común más generalizada es su solubilidad en disolventes orgánicos y su dificultad para disolverse en agua. Son los principales componentes del tejido adiposo y, junto a las proteínas y los glúcidos, constituyen la mayor parte de los componentes estructurales de todas las células vivas.

Los ésteres de glicerol de los ácidos grasos, que pueden suponer hasta el 90% de todos los lípidos de origen vegetal o animal, se denominan tradicionalmente grasas o aceites, según que a temperatura ambiente permanezcan en estado sólido o líquido, respectivamente. Desde el punto de vista del comportamiento químico, esta distinción tiene poca importancia y ambas denominaciones pueden usarse indistintamente.

En los alimentos, los lípidos pueden estar en forma "visible", es decir, ser fácilmente identificables, al estar

acumulados en una zona específica del alimento, como ocurre con el tocino, o al estar separados de su fuente original, como es el caso de la mantequilla. También pueden ser constituyentes "no visibles", como los que contienen los frutos secos u oleaginosos.

Los lípidos de los alimentos tienen unas propiedades físicas y químicas peculiares. Su composición, su comportamiento ante la fusión y solidificación y su asociación con el agua y otras moléculas constituyentes del alimento son muy importantes respecto a las propiedades de textura que proporcionan y en cuanto a las propiedades funcionales de productos como los de pastelería y repostería. Además, sufren complejos cambios químicos y reacciones con otros componentes del alimento, originando numerosos compuestos, que pueden ser deseables o no serlo, para la calidad del alimento.

De una forma sencilla, podemos clasificar los lípidos en tres clases principales, según se indica en el Cuadro 2.2.

Clases principales	Subclases	Descripción
Lípidos simples	Acilgliceroles Ceras	Glicerol + ácido graso Alcohol de cadena larga + ácido graso de cadena larga.
Lípidos complejos	Fosfoacilgliceroles Esfingomielinas Cerebrósidos Gangliósidos	Glicerol + ácido graso + fosfato + otro radical. Esfingosina + ácido graso + fosfato + colina. Esfingosina + ácido graso + azúcar simple. Esfingosina + ácido graso (contiene ácido siálico).

Lípidos insaponificables o derivados de lípidos	Muy diversos compuestos que cumplen la definición de lípido, pero que no se pueden incluir en ninguna de las dos clases anteriores.	Ejemplos: vitaminas liposolubles, carotenoides y esteroides.
-------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------

Cuadro 2.2. Clasificación de lípidos.

En el grupo de lípidos simples, que es fundamental por la frecuencia con que aparece en los alimentos, destacan los acilglicérols, que son grasas neutras constituidas por mono, di o triésteres del glicerol con ácidos grasos, denominándose mono, di o triacilglicérols, o, más frecuentemente, mono, di o triglicéridos.

Los ácidos grasos constituyentes de estos acilglicérols son, por lo general, ácidos alifáticos monocarboxílicos que pueden ser liberados por hidrólisis de cualquier producto natural que los contenga. Estos ácidos pueden ser de dos tipos: saturados, si en su molécula no tienen enlaces complejos, o insaturados, cuando sí los tienen. En su nomenclatura se puede utilizar el nombre sistemático que, en el caso de los insaturados hace referencia al tipo de enlaces y su situación, o al nombre vulgar de un gran porcentaje de estos ácidos. Así, son equivalentes las siguientes denominaciones para la molécula indicada:

Ácido 9,12 octadecadienoico \leftrightarrow 18:2 w 6 \leftrightarrow Ácido linoleico

Entre los lípidos complejos, la mayor representación en los alimentos corresponde a los fosfolípidos. El término fosfolípido se puede usar para cualquier lípido que contenga ácido fosfórico en forma de mono o diéster. El grupo más importante de fosfolípidos lo constituyen los fosfoacilglicérols o glicerofosfolípidos, que contienen uno o dos ácidos grasos en su molécula.

Finalmente, el grupo de derivados de lípidos o lípidos insaponificables lo forma un conjunto heterogéneo de compuestos relacionados con los precedentes, principalmente, por sus propiedades de solubilidad u otras, y se suelen presentar asociados a alguno de los compuestos mencionados en los grupos anteriores. Comprende compuestos tan dispares, desde el punto de vista químico, como son los esteroides, la vitamina K o los carotenoides.

El efecto principal de la oxidación es que se producen múltiples sustancias, muchas de ellas volátiles, de olor y sabor desagradables, a rancio; esta producción es más fácil y abundante si el alimento es rico en fosfolípidos insaturados, como sucede con las lecitinas.

Pueden haber reacciones análogas a la oxidación con otros compuestos relacionados con los lípidos que no contienen ácidos grasos insaturados; es lo que ocurre con el escualeno, la vitamina A y los carotenoides o la vitamina E.

Las consecuencias nutricionales de la oxidación son evidentes: pérdidas de ácidos grasos esenciales y de vitaminas; algunos de los compuestos que resultan de las reacciones son potencialmente tóxicos. No obstante, el enranciamiento siempre se manifiesta antes de que las alteraciones tengan importancia y hagan inconsumible al alimento.

Si, como ya se ha indicado, el proceso es, en esencia, una oxidación, el principal catalizador será el oxígeno disponible en el alimento, aunque existen otros agentes que pueden favorecer estas reacciones.

Algunas reacciones necesitan una energía de activación relativamente alta, por lo que si se aumenta la temperatura del alimento, se le está suministrando la energía necesaria para que tengan lugar. La existencia de oxidaciones con temperaturas muy bajas se explica por la formación de compuestos bastante reactivos durante el proceso, como veremos en el epígrafe siguiente, que son capaces de proseguir la oxidación con energías de activación bajas.

Aunque las reacciones fotoquímicas se conocen desde hace tiempo, sólo recientemente se ha compren-

dido el papel que desempeña la oxidación fotosensibilizada y su importancia en la autooxidación de lípidos. No obstante, los mecanismos íntimos de las reacciones todavía no están bien aclarados, y existen varias teorías que intentan explicar el efecto de la luz sobre las reacciones de oxidación.

Finalmente, algunos metales son fundamentales como catalizadores; los más enérgicos son el hierro, el níquel, el cobalto, el cobre y el manganeso. El estado de hidratación de estos metales influye decisivamente en su capacidad de actuación.

2.3.2. Esquema general de las reacciones

En la oxidación de los lípidos se pueden distinguir tres grandes grupos de reacciones: las de iniciación, las de propagación y la paralización (Fig. 2.1).

- a) **Reacciones de iniciación.** Las reacciones de iniciación dan origen a radicales libres a partir de ácidos grasos insaturados; estos radicales son especies reactivas que intervienen en las sucesivas fases de las reacciones de forma decisiva y característica. Ahora bien, no se conoce bien el proceso de formación de los primeros radicales: parece poco probable que se deba a un ataque directo del oxígeno, en su forma estable, a los enlaces de los ácidos; una explicación más aceptada apunta a que la responsable de la iniciación primaria es una forma inestable del oxígeno, producida por deterioro fotooxidativo y favorecida por el resto de los catalizadores, como el calor y los metales.

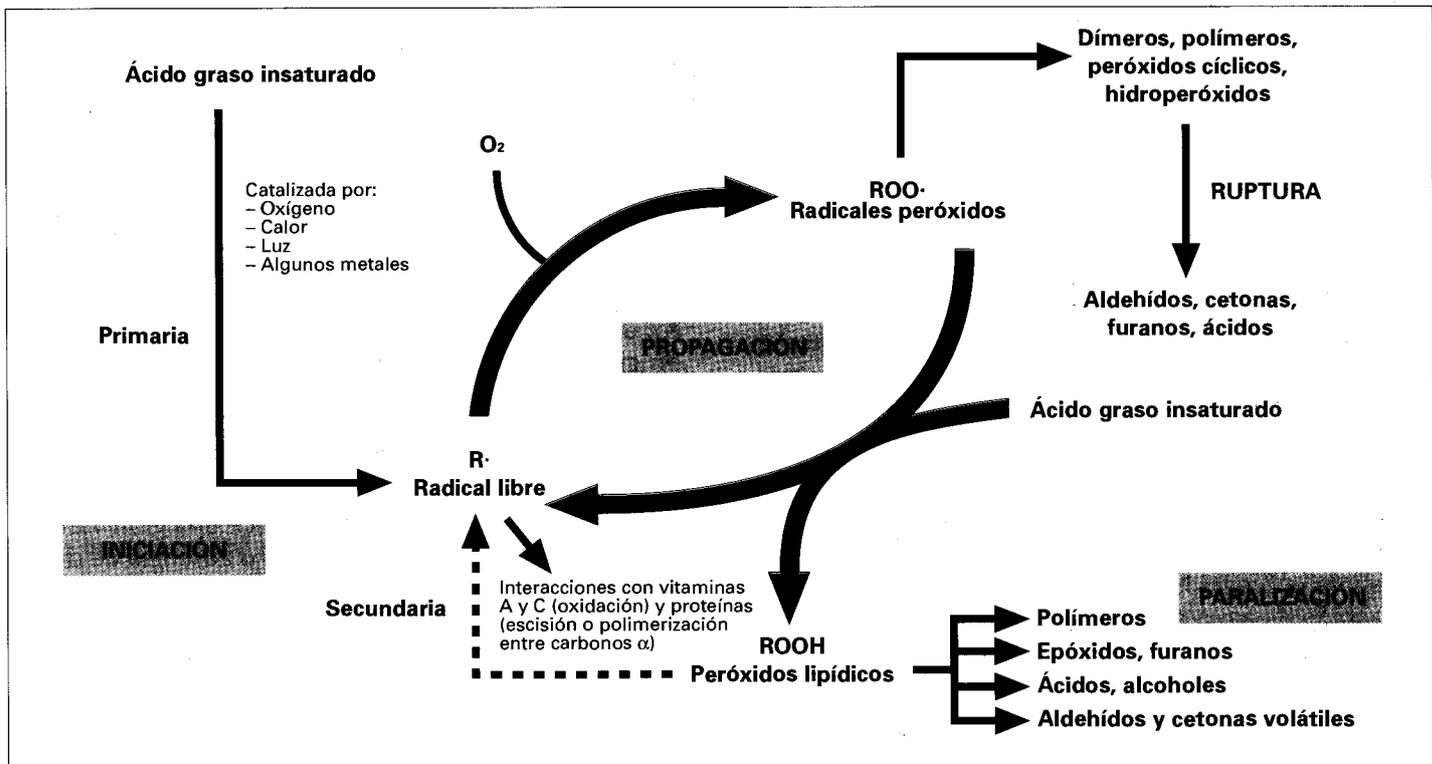


Figura 2.1. Esquema de las reacciones de oxidación de lípidos.

En el transcurso de las reacciones se forma una gran cantidad de peróxidos lipídicos; estos peróxidos se rompen en varias etapas, dando origen a una amplia variedad de productos de descomposición. Estos compuestos pueden experimentar oxidaciones y descomposiciones posteriores, contribuyendo a la formación de nuevos radicales libres de distinto tipo, que serían los responsables del mantenimiento de este mecanismo de iniciación como iniciación secundaria.

b) **Reacciones de propagación.** Como se ha indicado, los radicales libres producidos son especies muy reactivas, y se encuentran grandes cantidades de ellos disponibles en el medio de una forma primaria o secundaria; por tanto, se inicia un conjunto de reacciones que se van generalizando a los ácidos grasos que hay en el alimento.

Estas reacciones se traducen en oxidaciones a peróxidos de los ácidos grasos, a lo que se suma un consumo de oxígeno gaseoso; si el aporte de oxígeno no está limitado, se puede oxidar la totalidad de lípidos no saturados.

Durante esta fase de propagación, los radicales libres formados pueden actuar sobre las vitaminas y las proteínas que están presentes en el alimento produciendo oxidaciones, rupturas o polimerizaciones, con el consiguiente deterioro del valor nutricional. Por otra parte, los radicales peroxi que se forman como productos interme-

dios pueden interactuar entre sí o con otras moléculas, dando lugar a diferentes compuestos, polímeros, peróxidos cíclicos, etc., que tienden a descomponerse en moléculas más simples, como aldehídos, cetonas o ácidos, generalmente volátiles y que inician la aparición de características organolépticas desagradables.

c) **Paralización.** Se trata de la fase final de la descomposición de los peróxidos en diferentes compuestos que incrementan el deterioro del lípido y la presencia de características organolépticas molestas.

Desde el punto de vista práctico, las sustancias volátiles que se forman, especialmente, los aldehídos, son los responsables del olor y sabor a rancio.

Excepto el inicio de la oxidación, los tres tipos de reacciones se desarrollan de forma simultánea, lo que, junto con la aparición y la desaparición de numerosos compuestos, complica enormemente el estudio del proceso. Una forma de aproximarse a la caracterización de estos fenómenos consiste en analizar el comportamiento de un lípido puro frente a la oxidación mediante la representación del oxígeno consumido en el sistema en función del tiempo (Fig. 2.2).

En la gráfica se observan tres fases diferenciadas: la primera, llamada **período de inducción**, se puede interpretar como el lapso de tiempo necesario para la cons-

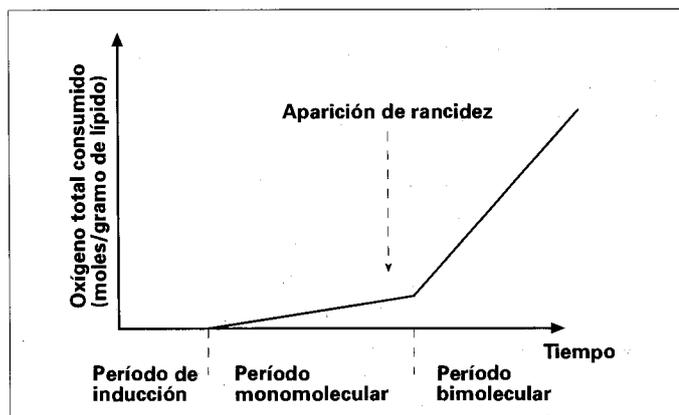


Figura 2.2. Representación gráfica del consumo de oxígeno en función del tiempo en un lípido puro. (Modificado de Cheftel, J. C. y Cheftel, H.: *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Vol I. Ed. Acribia, Zaragoza, 1980.)

titución de los primeros productos reactivos, a lo largo del cual no hay un consumo apreciable de oxígeno; durante el segundo **período**, llamado **monomolecular**, que traduce el inicio de la fase de propagación, se incrementa el consumo de oxígeno de manera lineal y se forman los primeros compuestos volátiles, lo que provoca que, al final de este período, aparezcan los fenómenos de rancidez; finalmente, el **período bimolecular** se caracteriza por un gran incremento en el consumo de oxígeno y la detección de grandes cantidades de peróxidos, polímeros y aldehídos.

Este comportamiento está caracterizado para un sistema experimental en el que se estudia un lípido puro, pero, en la realidad, los lípidos que hay en los alimentos no responden a un esquema tan simple, pues hay mezcla de lípidos, están presentes otras sustancias con las que pueden interactuar, aparecen compuestos que reaccionan con otros componentes del alimento, etc.; en consecuencia, las curvas de consumo de oxígeno por los lípidos obtenidas en la práctica sobre un alimento difieren bastante de las experimentales (Fig. 2.3).

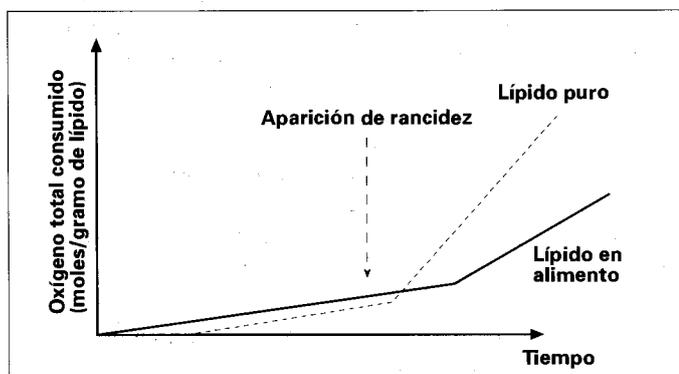


Figura 2.3. Representación gráfica del consumo de oxígeno en función del tiempo en lípidos en alimentos. (Modificado de Cheftel, J. C. y Cheftel, H.: *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Vol I. Ed. Acribia, Zaragoza, 1980.)

Las características más importantes de esas curvas de consumo son las siguientes:

- Acortamiento o, incluso, ausencia del período de inducción. Esto se puede explicar por la existencia de trazas de metales o de peróxidos ya formados en el alimento.
- Un período monomolecular más largo con un consumo de oxígeno constante, lo que hace que los fenómenos de enranciamiento aparezcan más tarde. La explicación es la presencia de diferentes compuestos que interactúan con los productos de degradación, impidiendo que se descompongan retardando la fase de propagación.

Así pues, el comportamiento de los alimentos frente a la oxidación de sus lípidos ofrece una gran variabilidad, dependiendo de la presencia o ausencia de diversos factores. Son éstos:

- Composición en ácidos grasos.** El número, la posición y la geometría de los enlaces complejos influye en la velocidad de oxidación. Así, por ejemplo, las velocidades relativas de oxidación de los ácidos araquidónico, linolénico, linoleico y oleico están, respectivamente, en una relación aproximada de 40:20:10:1. Los ácidos grasos que presentan isómeros cis se oxidan más rápidamente que las formas trans y los dobles enlaces conjugados son más reactivos que los no conjugados.
- Ácidos grasos libres frente a acilgliceroles.** Los ácidos grasos libres se oxidan con más velocidad que cuando están esterificados con glicerol como acilgliceroles. En general, la existencia de pequeñas cantidades de ácidos grasos libres en grasas o en aceites no tiene un efecto muy marcado en la estabilidad del producto frente a la oxidación; sin embargo, en algunos aceites comerciales, la presencia de cantidades relativamente grandes de ácidos grasos libres puede aumentar la incorporación de trazas de metales a partir de los depósitos de almacenamiento o de otras partes de las instalaciones, aumentando, así, sus posibilidades de oxidación al actuar como catalizadores.
- Presencia de agentes anti o prooxidantes.** Los antioxidantes naturales más importantes son el tocoferol, algunos aminoácidos y algunas proteínas capaces de quelar restos metálicos; entre los prooxidantes, las trazas metálicas, el grupo hemo de la hemoglobina y mioglobina y enzimas como las lipoxidasas de vegetales, especialmente, las legumbres, o las lipasas de tejidos animales que pueden acelerar la oxidación de lípidos al liberar ácidos grasos y ser éstos más susceptibles a la oxidación de forma libre.

- d) **Actividad del agua.** Ya se ha comentado que la actividad catalítica de los metales está relacionada con su grado de hidratación.
- e) **Grado de dispersión de los lípidos y moléculas acompañantes.** Evidentemente, una gran cantidad de ácidos grasos insaturados o fosfolípidos con ácidos grasos insaturados favorece la oxidación; la emulsión de las grasas impide su enranciamiento; finalmente, la presencia de una gran cantidad de proteínas retarda la oxidación de los lípidos, mientras que la acelera la presencia de glúcidos.
- f) **Efectos de oxidación competitiva.** Se observan fenómenos de competitividad entre sustancias oxidables con efectos prooxidantes o antioxidantes, según sea el resultado de esa competencia.

2.3.3. Evaluación de la oxidación de lípidos

Al ser la oxidación de lípidos un proceso que tiene forma espontánea y al estar éstos distribuidos tan ubicuamente en los alimentos, no hemos de olvidar las "grasas ocultas"; frente a un alimento concreto, nos interesa conocer el nivel de oxidación que han sufrido sus ácidos grasos y, mucho más, la susceptibilidad de los mismos a oxidarse. Existen muchas pruebas que pueden medir estas características en los alimentos, pero su correlación con el grado de deterioro organoléptico o su capacidad para determinar la duración de su conservación no siempre resultan satisfactorias.

❑ Absorción de oxígeno

Se dispone de diferentes métodos para medir el consumo de oxígeno por un lípido situado en determinadas condiciones: cromatografía en fase gaseosa, electrodo selectivo de oxígeno, disminución de la concentración de oxígeno en una atmósfera controlada, etc.; con estos procedimientos es posible establecer correlaciones bastante aceptables con la rancidez sensorial.

❑ Medida de dienos conjugados

Este método se realiza por absorbancia a 234 nm (para dienos) y 268 nm (para trienos) o espectrofotometría de infrarrojo. Indica el comienzo de la oxidación; no obstante, es poco sensible y sólo se recomienda para lípidos bastante puros.

❑ Índice de peróxidos

Se trata de una determinación sencilla y, por tanto, fácilmente aplicable. Se basa en la dosificación de peróxidos en los lípidos extraídos del alimento, mediante distintas técnicas basadas, en general, en potenciales de oxidación, como polarografía o yodimetría.

Para algunos productos se ha podido establecer una correlación entre el período de almacenamiento con características satisfactorias y el contenido en peróxidos, lo que, en estos casos, constituye un buen índice para el control de la calidad. Sin embargo, pocas veces coincide la aparición de características organolépticas de rancidez con un índice concreto de peróxidos, ya que los elementos volátiles responsables de los fenómenos de enranciamiento son, en su mayor parte, productos de descomposición de los peróxidos. Por lo demás, los resultados tienen márgenes de variabilidad muy amplios según las técnicas utilizadas y son métodos extremadamente sensibles a los cambios de temperatura.

❑ Prueba del ácido tiobarbitúrico (TBA)

Esta prueba es una de las más empleadas para comprobar la extensión de la oxidación de los lípidos. Se basa en que el ácido tiobarbitúrico reacciona con el aldehído malónico y probablemente, con otros aldehídos formados al final de la oxidación, dando una pigmentación roja medible a 530 nm.

El método es muy sensible y ofrece una buena correlación organoléptica, pero puede quedar interferido por otras sustancias presentes en el alimento, como la sacarosa, las proteínas o algunos componentes derivados del ahumado con leña; por eso, se deben hacer las correcciones necesarias o extraer previamente los aldehídos. Es un buen procedimiento para comparar muestras de un mismo alimento en diferentes estadios de oxidación.

❑ Prueba del oxígeno activo (Active Oxygen Method, AOM)

Este método bastante utilizado, se conoce también como prueba de Swift. Consiste en hacer burbujear aire u oxígeno a través de un lípido en unas condiciones muy bien determinadas: espesor de la capa de lípido, temperatura de experiencia (generalmente, 97°C), presión del gas burbujear, concentración de oxígeno en el gas, etc. La dosificación de peróxidos o el tiempo que tardan en aparecer características organolépticas de rancidez, permiten medir la susceptibilidad del lípido a la oxidación o la eficacia de un antioxidante.

Es una buena prueba para grasas licuadas y aceites, pero no lo es para alimentos completos o sólidos. Permite un adecuado control de la fabricación, aunque no indica tiempo previsible de conservación.

❑ Dosificación de compuestos carbonilo totales y volátiles

Los métodos para determinar el contenido total en compuestos carbonilo se basan en la medida de hidrazonas producidas en la reacción de aldehídos y cetonas con la 2,4-dinitrofenilhidrazina. Esta técnica puede presentar

interferencias debidas a la formación de compuestos carbonilo por descomponerse sustratos inestables; para minimizar estas interferencias se han ideado técnicas que reducen estos compuestos antes de la reacción, o se trabaja a bajas temperaturas.

Los compuestos carbonílicos volátiles constituyen la mayor parte de los olores desagradables de las grasas rancias y su valoración tiene una buena correlación con el deterioro organoléptico. Para determinarlos se separan por destilación a presión reducida y, luego, se hacen reaccionar con los reactivos apropiados.

□ Índice de yodo

Se trata de una medida, en cuerpos grasos puros, de los enlaces insaturados de una grasa, y se expresa en función del porcentaje de yodo absorbido. La caída del índice de yodo se utiliza, en ocasiones, para controlar la reducción del contenido de ácidos dienoicos a lo largo de su oxidación, por lo que sólo sirve para controlar fases finales.

□ Test de Kreis

El test de Kreis es uno de los primeros análisis usados comercialmente para evaluar la oxidación de las grasas. En él se mide la coloración roja que aparece cuando reaccionan los productos de oxidación, especialmente, los derivados del aldehído malónico, con el fluoroglucinol. No obstante, muestras frescas de grasas que carecen de productos de oxidación también pueden dar color rojo en la reacción y es difícil obtener resultados consistentes entre diferentes laboratorios.

□ Índice de anisidina

En presencia de dobles enlaces, la anisidina reacciona dando una coloración amarilla medible a 350 nm. Para estimar el grado de oxidación de los aceites se ha propuesto una expresión denominada Totox, o índice de oxidación, equivalente a $2x$ índice de peróxidos + índice de anisidina.

□ Test de Schaal Oven

Este test consiste en almacenar la muestra a unos 65°C y examinarla periódicamente a intervalos de tiempo establecidos, hasta detectar enranciamiento, bien organolépticamente, bien midiendo el índice de peróxidos.

□ Pruebas de almacenamiento

En estas pruebas se almacenan muestras que están en contacto con el aire y en condiciones normalizadas de temperatura, presión, cantidad de luz, superficie de contacto, tipo de embalaje, etc., y se determina el momento en que aparece la rancidez. Es posible acelerar estos ensayos elevando la temperatura, aunque si se

sobrepasan los 45°C, los resultados difieran significativamente de los obtenidos a 20°C ya que, tanto los mecanismos de oxidación como los productos olorosos y la eficacia de los antioxidantes varían a esas temperaturas.

□ Evaluación organoléptica

El desarrollo de aromas por oxidación de grasas en los alimentos requiere siempre un análisis sensorial, y el valor de cualquier método físico o químico objetivo depende, en buena medida, de su correlación con las propiedades organolépticas. La evaluación de aromas y de sabores se lleva a cabo, usualmente, mediante paneles de catadores entrenados que utilizan un sistema de puntuaciones.

2.3.4. Prevención de la oxidación de lípidos

Ya se ha comentado en el Apartado 3.2 la existencia de sustancias naturales protectoras frente a la oxidación, como los tocoferoles y sustancias afines. Los tocoferoles son, en realidad, un conjunto de sustancias englobadas, por lo general, bajo la denominación de vitamina E; abundan de forma natural en las grasas vegetales sin refinar, sobre todo, en los aceites de germen de trigo, arroz, maíz o soja. Se obtienen industrialmente como subproducto del refinado de estos aceites o por síntesis química.

Aunque la mayoría de productos grasos tienen sus propios antioxidantes naturales, muchas veces éstos se pierden durante los procesos tecnológicos a los que se les somete (refinado de aceites, por ejemplo). Tales pérdidas se deben compensar de forma artificial; sin embargo, el uso de tocoferoles como antioxidantes en un alimento no autoriza a afirmar que ha sido enriquecido con esta vitamina. Se utilizan diversos compuestos: extractos de origen natural ricos en tocoferoles, α , γ y δ tocoferoles sintéticos (desde E-306 a E-309). El más activo como vitamina es el alfa, pero también el gamma tiene cierta actividad; el menos activo es el delta. Su actividad como antioxidante parece seguir el orden inverso a su actividad biológica como vitamina. Las grasas vegetales son, en general, más ricas en sustancias antioxidantes que las animales. Asimismo, otros ingredientes, como ciertas especias (el romero, por ejemplo), pueden aportar antioxidantes a los alimentos que se elaboran con ellos.

Por otra parte, la actual tendencia a aumentar la insaturación de las grasas en la dieta como modo de prevenir las enfermedades coronarias hace más necesario el uso de antioxidantes, ya que las grasas insaturadas son especialmente sensibles a los fenómenos de oxidación.

PARA SABER MÁS...

DESIGNACIÓN DE ADITIVOS. EL CÓDIGO E

Para designar los aditivos alimentarios se recurre a una serie de códigos, compuestos por letras y números. Estos códigos empiezan por la letra E para aquellos aditivos que tienen asignado un código definitivo para toda la Unión Europea. La cifra de las centenas, presente en la parte numérica, indica el tipo de función del aditivo, según la siguiente clasificación:

1. Colorantes.
2. Conservantes.
3. Antioxidantes.
4. Estabilizantes.
5. Sustancias minerales.
6. Potenciadores del sabor.
9. Otros.

Solamente los cuatro primeros grupos tienen asignaciones definitivas. En España, además, se incluyen códigos que empiezan por H- y que designan a aquellas sustancias que aún no han sido consideradas en las normativas de la UE como aditivos alimentarios.

Los antioxidantes pueden actuar por medio de diferentes mecanismos. Son éstos:

- Deteniendo las reacciones en cadena de oxidación de grasas.
- Haciendo desaparecer el oxígeno atrapado o disuelto en el producto, o el que hay en los espacios de los envases que están sin llenar, y que se llaman espacios de cabeza.
- Eliminando las trazas de metales que facilitan la oxidación.

Los antioxidantes que siguen los dos primeros mecanismos son los antioxidantes propiamente dichos, mientras que los que actúan de la tercera forma se agrupan bajo la denominación legal de sinérgicos de antioxidantes o, más propiamente, agentes quelantes. Los antioxidantes frenan la oxidación, pero lo hacen a costa de destruirse ellos mismos. Así, retrasan la alteración oxidativa del alimento, pero no la evitan de una manera definitiva; incluso, su uso en cantidades o en condiciones inadecuadas puede acelerar los fenómenos de oxidación.

Para el análisis de las sustancias y de los procedimientos antioxidantes seguiremos a Cheftel, que hace una clasificación en tres categorías, en función del mecanismo de acción principal. Así distinguimos los antioxidantes de tipo I, de tipo II y de tipo III.

□ Antioxidantes de tipo I

Se trata de sustancias con capacidad para interrumpir la producción en cadena de radicales. Estas sustancias hacen decrecer la disponibilidad de radicales libres y,

por tanto, disminuyen la velocidad de oxidación, prolongando el período de inducción. Hemos de señalar tres características sobre su eficacia: en primer lugar, es necesario que el producto esté presente ya en el período de inducción, porque, en otro caso, el efecto protector es nulo. Este resultado es, simplemente, confirmación del hecho conocido de que la calidad de un producto ya rancio no mejora si se le añade un antioxidante, lo cual no significa que el antioxidante sea ineficaz.

En segundo lugar, estos antioxidantes tienen un efecto protector muy escaso cuando el alimento contiene cantidades apreciables de restos metálicos.

Por último, si la presión parcial del oxígeno de la atmósfera en contacto con el alimento es baja, se produce un sinergismo entre el efecto antioxidante y el efecto de baja presión del oxígeno.

En general, los antioxidantes más utilizados de este grupo son los compuestos fenólicos, siendo los derivados orto y para los más eficaces, porque producen radicales libres relativamente estables. Entre estos antioxidantes mencionaremos los siguientes:

a) Galato de propilo (E-310)

Es representante de un grupo de sustancias semejantes, tanto desde el punto de vista químico como desde el punto de vista de sus propiedades, galato de octilo (E-311) y galato de dodecilo (E-312). Se vienen usando como antioxidantes desde hace bastante tiempo, y tienen la ventaja de que son ligeramente solubles en agua, pero poco en lípidos. Además, son sensibles al calor y, por tanto, poco útiles para proteger aceites de fritura o alimentos sometidos a un fuerte calor durante su fabricación. Con la presencia de hierro producen sales de color oscuro, por lo que confieren al alimento un color poco atractivo.

b) Butilhidroxianisol (BHA) y butilhidroxitolueno (BHT) (E-320 y E-321)

Ambos antioxidantes son solubles en lípidos, resisten al calor y su acción es sinérgica. Su principal inconveniente es su olor desagradable y su fácil evaporación; por eso, resulta difícil emplearlos en alimentos deshidratados, ya que su adición tras la deshidratación puede originar una insuficiente penetración en el alimento.

c) El humo de madera usado en el ahumado de algunos productos proporciona compuestos fenólicos con acción antioxidante.

□ Antioxidantes de tipo II

En conjunto, los antioxidantes de tipo II son compuestos que impiden o disminuyen la formación de radicales libres. Los más utilizados son los quelantes de metales; su acción depende del pH y de la temperatura, pues

la estabilidad de los complejos resultantes de estas reacciones depende de esos dos parámetros. Algunas de las sustancias empleadas tienen, además, otros efectos, como ser acidificantes o conservantes.

Un quelante muy eficaz es el etilendiaminotetracetato (EDTA), como sal disódica (H-3247) o como sal disódica y cálcica (H-3246). No aporta sabores extraños y no tiene carácter ácido, aunque está autorizado sólo para algunos alimentos.

El ácido láctico y sus sales (E-270 y E-325 a E-327), el ácido cítrico y sus sales (E-330 a E-333 y E-380) y el ácido tartárico y sus sales (E-334 a E-337 y E-353, E-354), se emplean universalmente por tratarse de sustancias naturales y por su aceptable solubilidad en lípidos.

Es posible utilizar como antioxidantes otras sustancias: los intercambiadores de iones, fosfatos o aminoácidos. Aunque no se conoce totalmente, la acción antioxidante de los aminoácidos, como la histidina o la cisteína, parece ser que se sirven de un mecanismo del tipo I; su empleo industrial está en estudio y es muy prometedor, especialmente, si se asocian a un descenso del contenido en oxígeno, aunque tienen el inconveniente de que son muy poco solubles en lípidos.

□ Antioxidantes de tipo III

Dentro de este grupo se incluyen los procedimientos destinados a proteger el producto frente a la oxidación estableciendo unas condiciones físicas adecuadas, en especial, en lo que respecta al contenido de oxígeno, humedad relativa, temperatura y luz.

Para evitar el contacto con el oxígeno se recurre a embalajes impermeables a este gas y al envasado al vacío o en atmósferas inertes con nitrógeno o CO₂. No obstante, muchas veces es imposible reducir un contenido de un 1% en oxígeno debido al gas ocluido, absorbido sobre el producto, que sólo se desprende con mucha lentitud. Esta situación es especialmente importante en los alimentos liofilizados, muy porosos y tan sensibles a la oxidación que estas concentraciones de gas son suficientes para inestabilizarlos. Un procedimiento relativamente económico que se puede utilizar para reducir el contenido de oxígeno consiste en emplear recipientes con el interior recubierto de trazas de paladio, que es un gran catalizador de agua. De este modo, se usa el oxígeno residual en el alimento y el hidrógeno introducido en el momento de cerrar el recipiente para formar agua.

Para el resto de las condiciones, se disminuirá la a_w hasta zonas próximas a 0,2, se evitará el calentamiento del producto o se manejarán envases que protejan al producto de la luz.

En la práctica, se suelen asociar algunos antioxidantes de tipo I o de tipo II con procedimientos que disminuyen la presión parcial de oxígeno en el embalaje.

2.3.5. Efectos de la oxidación de lípidos sobre algunos alimentos

□ Leche y derivados

En los productos lácteos, el enranciamiento suele aparecer con bastante rapidez, incluso, con grados de oxidación muy bajos. Los productos líquidos ricos en agua (leches, leches concentradas y cremas) sufren una oxidación que incide preferentemente sobre los ácidos grasos insaturados de los fosfolípidos. Estos ácidos forman la membrana de los glóbulos grasos, los cuales originan sustancias con mal sabor y olor, y con un umbral de percepción muy bajo. La aparición de estos compuestos limita la conservación del producto en frío, aun con una excelente calidad bacteriológica.

Como las reglamentaciones no autorizan que se añadan antioxidantes a la leche, la oxidación se prevendrá aplicando las medidas de los antioxidantes del tipo III; evitar el contacto con el oxígeno, disminuir la contaminación con cobre o hierro, preservar de la luz... No obstante, la oxidación de lípidos puede ser un efecto beneficioso y buscado; es lo que ocurre con el sabor de algunos tipos de quesos. En cambio, su presencia es perjudicial en la mantequilla y en la leche en polvo, por lo que se procura disminuir el contenido en agua y la refrigeración.

□ Carnes

Los fosfolípidos de las membranas celulares o mitocondriales de la carne de vaca o de cerdo son muy oxidables, pues contienen bastantes ácidos grasos insaturados. Así, se da la aparente paradoja de que el tejido muscular es mucho más sensible a la oxidación que el tejido adiposo, que es rico en triglicéridos saturados.

En la carne fresca, la oxidación no limita su conservación en frío; sin embargo, en la carne triturada, el enranciamiento aparece a los dos o tres días de conservación a 5°C. Finalmente, es un problema mucho más importante en el caso de la carne congelada o refrigerada tras su cocción, lo cual se debe a que, durante la cocción por desnaturalización, se liberan hemoproteínas (mioglobina y hemoglobina), con la consiguiente acción catalizadora, dada la presencia de grupos moleculares con hierro.

La carne de las aves es más susceptible a la oxidación, puesto que contiene fosfolípidos ricos en ácidos grasos insaturados. Las salazones de carne de cerdo también tienen una oxidación muy rápida; al parecer, la presencia del cloruro sódico favorece las reacciones.

Entre los antioxidantes de las carnes más eficaces destacan los polifosfatos y el ácido ascórbico, probablemente, por su acción quelante del hierro.

❑ Pescados

La oxidación de lípidos en el pescado suele ser el principal factor limitante de su conservación, sobre todo, cuando el desarrollo microbiano está paralizado por congelación u otros tratamientos físicos. Tal susceptibilidad a la oxidación se debe a la presencia de lípidos muy insaturados y a la liberación de mioglobina, que cataliza las reacciones de oxidación.

En el pescado, la oxidación de sus lípidos ocurre, incluso, durante la congelación, y se acelera si la temperatura se encuentra próxima al punto de congelación. En ocasiones, para disminuir el riesgo de rancidez, la superficie del pescado se somete a un glaseado consistente en pulverizar agua y una solución de ácido ascórbico u otro antioxidante; de este modo, se crea una barrera que impide el paso del oxígeno.

PARA SABER MÁS...

Los fenómenos de oxidación de lípidos no se han de considerar únicamente desde la perspectiva del alimento obtenido, ya que pueden existir factores que favorezcan la presencia de algunos tipos de ácidos grasos y, por tanto, su susceptibilidad a la oxidación. Así, la presencia de α tocoferol en la alimentación del ganado también desempeña un papel importante: las vacas que comen forrajes deshidratados (pobres en tocoferol) dan una leche oxidable. También conviene recordar que si se suministran lípidos muy insaturados a los rumiantes para obtener leches y carnes ricas en ácido linoleico, aumenta considerablemente la tendencia a la oxidación de estos productos.

Igualmente, la utilización de harinas de pescado oxidadas en los piensos para animales hace que sus carnes tengan gusto a rancio.

❑ Alimentos vegetales

El contenido en lípidos de los vegetales es bajísimo y no supone un problema especial para su conservación. No obstante, no ocurre lo mismo con algunos de sus derivados, como el puré de patata deshidratado, los guisantes congelados o los cereales; estos productos también presentan una escasa concentración total de lípidos, pero tienen una alta proporción de fosfolípidos muy insaturados. Los procedimientos que se han de aplicar dependen del producto, y son, entre otros, el almacenamiento en vacío o en atmósfera inerte, la adición de antioxidantes (en el caso del puré de patata) y el precalentado para destruir las lipoxidasas (si se trata de guisantes).

En cuanto a los aceites vegetales, a pesar de que cuentan con tocoferoles naturales, son fácilmente oxidables, ya sea por pérdidas durante las transformaciones tecnológicas o por su utilización a temperaturas elevadas. Se suelen añadir citratos antes de su desodoriza-

ción, u otros antioxidantes (BHA, BHT) inmediatamente después de ésta, especialmente, en aceites destinados a la fritura industrial, a margarinas domésticas o a la preparación de *shortenings* (denominación genérica para las grasas, las mantecas y las margarinas de uso industrial en países anglosajones).

EDUCACIÓN NUTRICIONAL...

Los diferentes compuestos que se forman durante la oxidación de las grasas, especialmente, las favorecidas por el calor de su cocinado, tienen un determinado significado nutricional. Los ácidos grasos libres derivados de la hidrólisis y algunos de los productos de enranciamiento debidos a la oxidación, no tienen inconvenientes nutricionales, sólo organolépticos. Tampoco presentan problemas los polímeros de peso molecular alto, pues, precisamente por su peso molecular, no pueden atravesar la barrera intestinal. En cambio, los monómeros, los radicales libres y los derivados cíclicos si se pueden absorber y convertir en componentes tóxicos, con posibles repercusiones en la salud.

Otro problema fundamental es la hidrogenación de los aceites que, aunque posibilita el aprovechamiento de grasas que no serían aptas para el consumo, plantea varios interrogantes desde el punto de vista nutricional. Así, los ácidos grasos naturales suelen presentar configuración *cis*, y la hidrogenación convierte a una parte de ellos en forma *trans*, con unas consecuencias nutricionales que aún no están bien delimitadas, ya que, al parecer, los sistemas enzimáticos del organismo humano tienden a reconocer las formas *trans* como ácidos grasos saturados. Esto significa que la repercusión fisiológica del uso de este tipo de grasas modificadas puede ser relevante, dada su frecuente adición a muchos alimentos cocinados en bollería industrial y en alimentación colectiva.

2.4. Pardeamiento no enzimático

Las reacciones de pardeamiento de los alimentos constituyen otro capítulo importante en las alteraciones que hemos denominado de causa bioquímica, y se encuentran ampliamente extendidas en alimentos de diverso origen. Su denominador común es la producción de sustancias de color pardo o negro, visibles en los tejidos del alimento.

Hay dos tipos de pardeamiento: uno es consecuencia de reacciones no oxidativas debidas a la interacción de proteínas o aminas con carbohidratos; el otro resulta de una reacción oxidativa, mediada por enzimas, que produce la reacción del oxígeno con sustratos fenólicos. Estas dos clases de reacciones dan lugar a unos pigmentos: las **melanoidinas** en el primer caso, y las **melaninas** en el segundo.

El pardeamiento no enzimático es un conjunto de complejas reacciones que hacen que aparezcan polímeros pardos y que se alteren el olor y el sabor de los

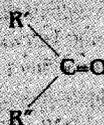
alimentos que las sufren. También se conocen como **reacciones de Maillard**, pues así se llamaba la persona que describió la fase principal de estas reacciones, consistente en la condensación de un azúcar reductor con una amina (1912). Otra denominación es **reacciones de caramelización**, en la que se recurre al nombre de uno de los efectos más comunes que causan.

2.4.1. Sustratos y catalizadores

Los sustratos de las reacciones de pardeamiento no enzimático son compuestos carbonilo, entre los que destacan los azúcares reductores, aunque también pueden intervenir otros compuestos en los que en su molécula estén presentes estos compuestos, principalmente, ácido ascórbico y vitamina K, ortofenoles, aromas naturales, como el aldehído cinámico y la vainillina, o productos de oxidación de lípidos.

RECUERDA...

Un grupo carbonilo responde a esta estructura general:



Los glúcidos, tanto las aldosas como las cetosas, presentan un grupo carbonilo en su molécula, el cual, además, les confiere su poder reductor.

Otra característica importante de los glúcidos es su capacidad de sustituir un grupo hidroxilo de la molécula por un grupo amino (NH_2); así se obtienen los aminoazúcares que, si derivan de aldosas, se denominan genéricamente **aldosaminas**, y si derivan de las cetosas, **cetosaminas**.

Los aminoácidos y las proteínas catalizan y participan en estas reacciones mediante sus grupos amino libres, especialmente, a través del grupo ϵ -amino de la lisina.

El pardeamiento no enzimático se acelera por el calor, lo que explica su presencia, especialmente, en operaciones de cocción, pasteurización y deshidratación; por esta razón suele aparecer en los procesos tecnológicos a los que se somete al alimento, aunque también lo hace durante su almacenamiento.

Los principales efectos desfavorables que el pardeamiento desencadena son una pérdida del valor nutritivo del alimento cuando el ácido ascórbico y la vitamina K participan en estas reacciones, un descenso de la disponibilidad nutricional de la lisina, una baja solubilidad y digestibilidad de las proteínas. Frecuentemente, se origina durante la preparación, la pasteurización o el almacenamiento de alimentos líquidos concentrados como la leche o los zumos de fruta; la cocción de ani-

males marinos ricos en ribosa; y la deshidratación de ciertos alimentos, como leche, huevos, carne, harinas, frutas, etc.

No obstante, el pardeamiento no enzimático tiene efectos beneficiosos y buscados, como el aroma y color que caracterizan a determinados alimentos transformados; citaremos algunos ejemplos: la corteza del pan o la cubierta de productos de bollería, las patatas fritas, los cereales tratados por calor (*corn flakes*), la corteza oscura de los asados, el caramelo, la cerveza, el café, el chocolate y los extractos de carne.

2.4.2. Esquema general de las reacciones de pardeamiento no enzimático

Las reacciones de pardeamiento no enzimático suceden mediante una serie de fases o etapas cuyo resultado final es la aparición de compuestos polimerizados pardos y de productos volátiles que confieren a los alimentos que las han sufrido su olor y aroma característicos. De forma esquemática, cabe establecer cinco fases (Figura 2.4).

□ Condensación de Maillard

La condensación de Maillard desencadena todo el proceso. Se produce por la reacción de compuestos que contengan en su molécula grupos carbonilo libres; la inmensa mayoría de las ocasiones se trata de un glúcido reductor y de grupos amino, normalmente, procedentes de aminoácidos libres o de proteínas, aunque también pueden tener su origen en grupos liberados en el transcurso de las reacciones. Como resultado, se forman compuestos, llamados genéricamente carbonilaminas, aunque, como muchas veces el sustrato de la reacción lo constituyen glúcidos, se tratará de glucosilaminas. Durante esta fase ya se inicia una cierta producción de pigmentación, que puede ir desde el color amarillo al pardo-rojizo oscuro; el aroma tostado se hace ya evidente.

□ Transposiciones de Amadori o de Heyns

Las glucosilaminas (aldosilaminas o cetosilaminas, según sea el glúcido de origen) sufren diversas transformaciones hasta llegar a las cetosaminas desde las aldosilaminas –transposición de Amadori– o, a las aldosaminas desde las cetosilaminas, –transposición de Heyns–. Estas reacciones están catalizadas por los grupos carboxilo de los aminoácidos.

□ Formación de compuestos reactivos

Mediante sucesivas reacciones de enolización se originan compuestos dicarbonilo insaturados muy reactivos; de ellos se pueden mencionar, por orden creciente de actividad, los aldehídos y las cetonas saturados, insaturados y los α β insaturados.

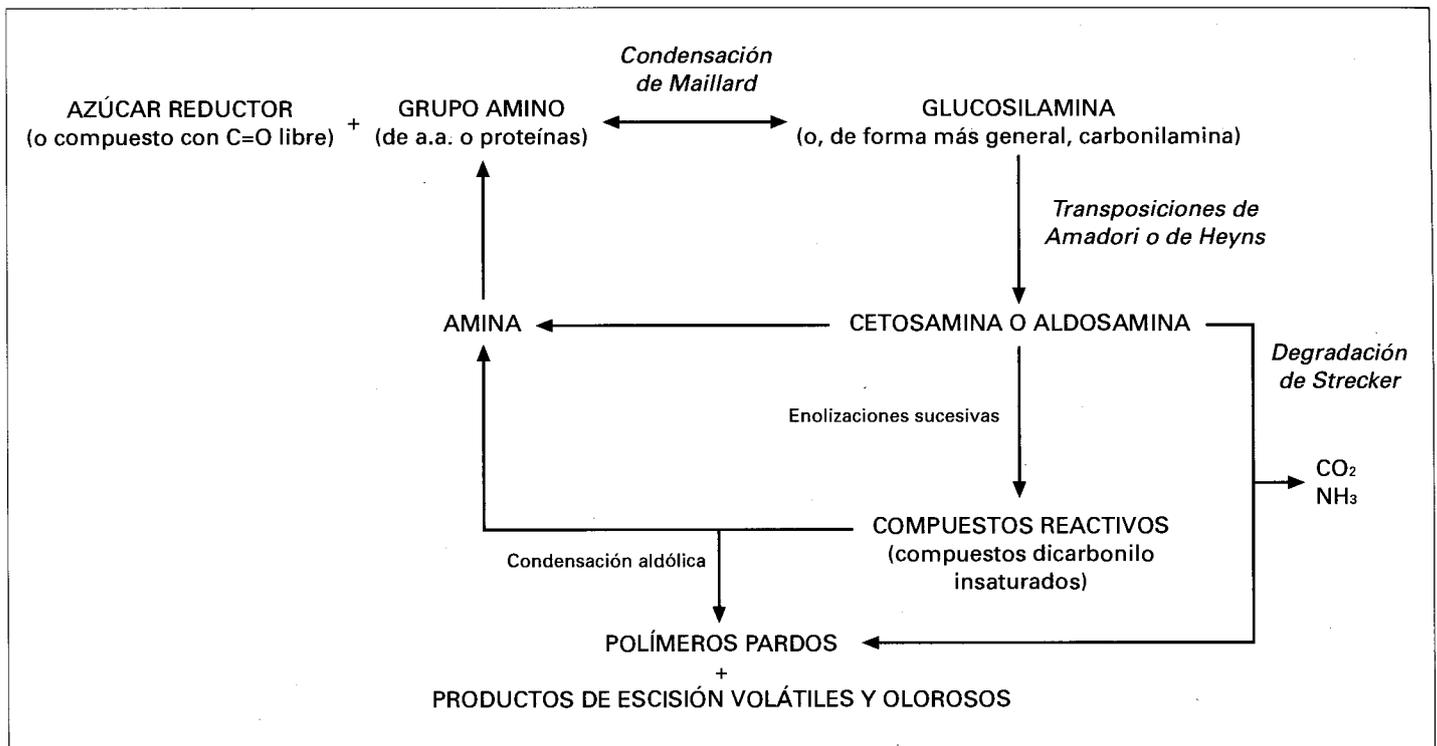


Figura 2.4. Esquema general de las vías de pardeamiento no enzimático. (Adaptado de Cheftel, J. C. y Cheftel, H.: *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Ed. Acribia, Zaragoza, 1980.)

❑ Polimerización

Los compuestos dicarbonilo pueden desencadenar diferentes reacciones; así, es posible que se polimericen, dando estructuras cíclicas, de las cuales, la más representativa es el hidroximetilfurfural; o compuestos, como la furanona o el isomaltol, que tienen un ligero sabor amargo y un aroma a azúcar quemado; o polímeros pigmentados. Al mismo tiempo, se originan productos de escisión de moléculas más grandes, que suelen ser volátiles y olorosos de tipo cetona, aldehído o ácido.

❑ Degradación de Strecker

Las cetosaminas formadas tras las reacciones de transposición pueden sufrir un proceso de descomposición, resultando compuestos α -dicarbonilo que reaccionan con aminoácidos y que causan su degradación, liberándose CO_2 y NH_3 . Como consecuencia de esta reacción, también se originan productos olorosos, como las pirazinas (una de estas pirazinas es uno de los constituyentes del aroma de las patatas *chips*).

Evidentemente, cuando un aminoácido o una parte de una cadena proteica interviene en estos procesos, tiene lugar una pérdida de esas moléculas desde el punto de vista nutricional. Esto es especialmente importante en los aminoácidos esenciales, de los cuales la lisina, con su grupo ϵ -amino libre, es el más susceptible a reaccionar, aunque otros aminoácidos también son degradados en una reacción de Maillard, por ejemplo, la L-arginina y la L-histidina.

Si un alimento ha sufrido una reacción de Maillard, se habrán perdido algunos aminoácidos y parte de su valor nutritivo. No obstante, la ausencia de pardeamiento no asegura que tal pérdida no se haya producido, pues la degradación de aminoácidos sucede mucho antes de que se hayan podido desarrollar los pigmentos que dan color; es más, la degradación de Strecker ocasiona pérdida de aminoácidos, incluso, sin pardeamiento.

❑ Factores favorecedores del pardeamiento no enzimático

Diversos factores físicos y químicos afectan a la velocidad y a la naturaleza del pardeamiento enzimático. Los explicamos a continuación:

a) Naturaleza de los glúcidos

Las pentosas y, sobre todo, la ribosa, son los glúcidos reductores más reaccionantes; siguen en orden de reactividad las hexosas (glucosa y fructosa) y los disacáridos reductores (lactosa y maltosa). La sacarosa, como carece de función reductora libre, no está afectada, salvo en los alimentos ácidos, pues se hidroliza progresivamente en glucosa y fructosa.

b) Temperatura

Las energías de activación de las diferentes reacciones son relativamente altas; por tanto, una temperatura baja retardará el pardeamiento,

mientras que las temperaturas elevadas lo aumentarán fuertemente, incluso, en ausencia de grupos amino como catalizadores.

c) a_w

La velocidad de pardeamiento presenta un máximo con una a_w entre 0,55 y 0,75. Ésta es la razón de que los alimentos deshidratados, siempre que se guarden al abrigo de la humedad y a una temperatura moderada (menos de 25°C), sean los más estables.

d) pH

Sus efectos son complejos, ya que cada una de las reacciones parece tener un pH óptimo: entre 6 y 8 para la condensación de Maillard; próximo a 7 para las transposiciones; 5,5 en las degradaciones de cetosaminas por enolización, etc. Además, hay que tener en cuenta que los medios con un pH extremo, muy ácidos o muy alcalinos, catalizan directamente la transformación de los glúcidos en compuestos carbonilo insaturados con capacidad de polimerización (Fig. 2.5).

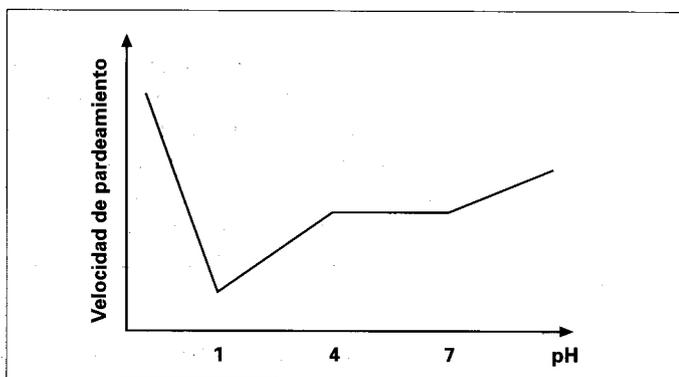


Figura 2.5. Velocidad promedio de pardeamiento en función del pH. (Según Cheftel, J. C. y Cheftel, H.: *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Ed. Acribia, Zaragoza, 1980.)

2.4.3. Evaluación y prevención del pardeamiento no enzimático

La intensidad del pardeamiento se puede medir mediante reflectancia en alimentos sólidos o mediante absorbancia, tras su extracción. Son mediciones que se realizan entre 420 y 540 nanómetros; las medidas son poco precisas, y se suele preferir la evaluación visual. Se pueden utilizar, como procedimientos indirectos, la dosificación de azúcares residuales o la de lisina disponible.

Asimismo, para evaluar el pardeamiento, se recurre a ensayos de almacenamiento a temperaturas de unos 40°C y a humedades relativas diversas.

Para prevenirlo, en la práctica se dispone de pocos procedimientos. Veámoslos.

❑ Eliminación de sustratos

La primera medida para prevenir el pardeamiento no enzimático será evitar la presencia de azúcares reductores; si fuera necesario añadirlos, se haría tras los tratamientos térmicos del alimento.

Otras posibilidades para eliminarlos consisten en la oxidación de los glúcidos, por ejemplo, por la acción de la glucosa oxidasa, que transforma la glucosa en ácido glucurónico, o en la fermentación.

❑ Descenso del pH

En los alimentos que permitan su acidificación, cabe retardar el pardeamiento mediante un descenso del pH.

❑ Control de la temperatura y de la humedad

Los tratamientos o la conservación a temperaturas altas favorecen el pardeamiento. La presencia de agua también facilita que se desencadenen las reacciones; de ahí que los tratamientos tecnológicos con más riesgo de producir pardeamientos sean los de deshidratación, especialmente, cuando en el alimento se llega a contenidos de agua inferiores a un 20%.

Para su prevención, se almacenarán protegidos de la humedad, y a temperaturas no superiores a 25°C.

❑ Agentes inhibidores

El único inhibidor del pardeamiento no enzimático eficaz es el ácido sulfuroso, utilizado como sales, sulfitos y bisulfitos, o como precursor en forma de anhídrido sulfuroso, en forma de gas (E-220 a E-228).

Su mecanismo de acción consiste en reaccionar con los compuestos carbonilo insaturados, dando sulfonatos. Estos compuestos son muy estables y alargan el período de inducción, retardando bastante la aparición de pigmentos.

No obstante, se aplican fundamentalmente como antisépticos, en especial, en enología y en el tratamiento de frutas y verduras. En estos casos, se recurre a dosis más elevadas que las que se necesitan para evitar los pardeamientos, con lo que este aspecto queda suficientemente cubierto.

Los agentes inhibidores tienen algunos inconvenientes: ciertas alteraciones del aroma, destrucción de la vitamina B₁, incompatibilidad con envases de hojalata en productos líquidos ácidos, pues se forma sulfuro de hidrógeno, y desencadenamiento de crisis en enfermos alérgicos, especialmente, a través de crisis asmáticas.

EDUCACIÓN NUTRICIONAL...

Los polímeros pardos y las sustancias volátiles resultantes del pardeamiento no enzimático son algunos de los estimulantes más efectivos de la secreción ácida gástrica, incluso en su fase cefálica, por efecto de los olores y los aromas.

Este efecto, beneficioso para un aparato digestivo sin patología, pues prepara al estómago para la digestión del alimento, es altamente perjudicial en caso de patología gástrica, de ahí que en las dietas de protección gástrica se recomiende eliminar alimentos que hayan sufrido este tipo de alteración.

2.5. Pardeamiento enzimático

Como ya se ha avanzado en el Apartado 4, el pardeamiento enzimático es una alteración de los alimentos consistente en una reacción oxidativa mediada por enzimas en sus primeras etapas, que conduce a la formación de pigmentos pardos, que genéricamente se conocen como melaninas.

El fenómeno está bastante extendido en la naturaleza: se observa en vegetales con gran contenido en compuestos fenólicos, en el oscurecimiento de la cutícula de los insectos y en la formación de melaninas responsables de la pigmentación de la piel de los animales.

En cuanto a los alimentos, no se da en los de origen animal, pero supone una alteración importante en los de origen vegetal cuando se modifican sus tejidos, golpes, cortes, pelado, etc. Sin embargo, algunas veces estas alteraciones se buscan, para dar a ciertos alimentos las características finales, como es el caso de la maduración de algunas frutas, por ejemplo, los dátiles, o de la fermentación de otros productos, por ejemplo, el té.

2.5.1. Sustratos, enzimas y mecanismo general de las reacciones

El sustrato propio de las reacciones del pardeamiento enzimático lo constituyen los compuestos fenólicos o sus derivados; destacan los siguientes:

- El **pirocatecol** y derivados.
- La **3,4 dihidroxifenilalanina** (DOPA), sustrato importante en, por ejemplo, la patata.
- La **3,4 dihidroxifeniletilamina** (DOPAMINA), responsable del pardeamiento en algunas frutas, como el plátano.
- Los ácidos con anillo aromático, como el **gálico**, el **clorogénico** (presente en manzanas o en peras) o el **cinámico**. El clorogénico es también el res-

ponsable del color negro-azulado que puede aparecer en las patatas cuando se cuecen, por reacción con trazas de hierro.

- Los flavonoides, de los cuales, los principales son los **antocianósidos**, responsables de las coloraciones azules, violetas o rojas de algunos vegetales; además, son muy sensibles a las variaciones de pH, modificando su color.

A las **flavonas** se debe el sabor amargo de algunos cítricos. Los **taninos** contribuyen a la textura y al sabor de ciertos vegetales, y las **ligninas** confieren rigidez a los tejidos vegetales.

Las reacciones se suceden de la siguiente forma: los fenoles, por lo general, incoloros, sufren una hidroxilación enzimática y originan ortodifenoles, que también suelen ser incoloros.

Estos compuestos se transforman en ortoquinonas por oxidación enzimática, las cuales muchas veces ya son coloreadas. Desde estas quinonas, mediante transformaciones no enzimáticas, se producen los polímeros pardos.

Las dos primeras reacciones que se acaban de señalar están mediadas por enzimas y, aunque la transformación química es diferente, se cree que una misma enzima puede catalizar ambas; sea como fuere, los mecanismos de acción y la cinética de las reacciones se conocen poco; por eso, tampoco existe una gran precisión en cuanto a la nomenclatura de las enzimas que intervienen.

Se habla de **monofenolasas** o **cresolasas** para las que catalizan la primera fase, y de **polifenol oxidasa**, **polifenolasa** o **cátacolasa** para las de la segunda; el nombre sistemático para las responsables de la acción oxidante es O-difenol oxígeno oxidoreductasa (E.C.1.10.3.1.).

Para que las reacciones se desencadenen, las enzimas y los sustratos se han de poner en contacto; al parecer, ambos elementos se sitúan en compartimentos celulares o tisulares diferentes y, por tanto, los separan varias membranas.

Cuando, por cualquier causa, los tejidos se lesionan, cortado, pelado, triturado, golpe, etc., estos compartimentos se abren y se produce el contacto de unos y otros, ocurriendo las reacciones de pardeamiento.

Igualmente, estas reacciones deben de tener un cierto carácter protector frente a los microorganismos, ya que, para algunas especies, los polímeros pardos frenan su proliferación y crecimiento, aunque no con mucha efectividad.

2.5.2. Prevención del pardeamiento enzimático

Hay varios procedimientos que impiden el pardeamiento enzimático pero, en la práctica, unas veces por su toxicidad, otras, por sus efectos secundarios o por el coste que suponen, quedan reducidos a unos pocos.

Evidentemente, la primera medida preventiva del pardeamiento enzimático consistirá en evitar las contusiones que puedan dañar los tejidos del producto. Otra posibilidad es seleccionar variedades pobres en sustratos fenólicos. Asimismo, también resulta eficaz inactivar las enzimas por calor, pero este procedimiento puede modificar las características organolépticas del producto, en especial, las de consumo crudo.

Si se recurre a compuestos reductores, también es posible retardar el pardeamiento. En este caso, se utiliza el ácido ascórbico aunque, para que sea efectivo, se debe aplicar sobre trozos del alimento o sobre su jugo, pues en las frutas enteras, aun peladas, sólo penetra lentamente.

Se puede evitar el contacto con el oxígeno atmosférico, tras el pelado y el corte, introduciendo el producto en soluciones bien saladas, o de sacarosa o de glucosa. Un procedimiento habitual de aplicación de este sistema es la conserva en almíbar, al que se suele añadir también ácido ascórbico; esta conserva tiene la ventaja de que mejora la retención de aromas.

El descenso del pH retarda el pardeamiento, la forma más generalizada de conseguirlo es aplicar baños de ácido cítrico.

Se puede limitar la acción de las polifenol oxidasas eliminando oxígeno en los tejidos por acción de vacío o de burbujeo de nitrógeno; también es posible conseguir que el oxígeno existente se consuma mediante la acción enzimática combinada de la glucosa oxidasa y la catalasa.

Finalmente, y al igual que en el caso del pardeamiento no enzimático, resultan efectivos el anhídrido sulfuroso y los sulfitos, aunque, en este caso, su actividad no se conoce del todo; se cree que actúan sobre las polifenol oxidasas.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

- 1 Utilizando diferentes muestras de alimentos, comprobación de los efectos que sobre ellos tienen las alteraciones físicas como cambio de pH, temperatura, etc., se pueden utilizar salsas de tipo emulsión como mayonesas o derivados de leche o huevo, analizando los fenómenos e interacciones producidos.
- 2 Preparación de muestras de diferentes aceites y grasas comestibles, cada una de ellas se divide en dos submuestras: en uno de los subgrupos se realiza una de las técnicas de evaluación de oxidación de lípidos, descritas en la Unidad, registrando las características obtenidas para cada producto.
El otro subgrupo se mantiene con condiciones diferentes de aireación, luz, temperatura, humedad, etc., comprobando la diferente velocidad de aparición de rancidez organoléptica.
Análisis y razonamiento de los resultados obtenidos con ambas pruebas.
- 3 Análisis del etiquetado de diferentes productos alimenticios, con un contenido en lípidos suficiente, comprobando los aditivos antioxidantes utilizados relacionando su acción con el efecto esperado sobre el producto.
- 4 Someter a diferentes temperaturas de calentamiento, dentro de los rangos culinarios, a distintas muestras de alimentos, esencialmente proteicos, variando las cantidades presentes de glúcidos, pH, etc., comprobando los resultados obtenidos en relación a los procesos de pardeamiento no enzimático producidos.
- 5 Análisis del etiquetado de diferentes productos alimenticios, comprobando los aditivos utilizados para prevención de pardeamiento no enzimático relacionando su acción con el efecto esperado sobre el producto.
- 6 Someter diferentes muestras de alimentos vegetales a distintos grados de destrucción de tejidos comprobando la velocidad de aparición de pardeamiento enzimático modificando el medio de conservación: atmósfera libre, inmersión en diferentes soluciones, adición de ácidos, etc.
- 7 Análisis del etiquetado de diferentes productos alimenticios, especialmente vegetales, comprobando los aditivos o el medio de envasado utilizados para prevenir el pardeamiento enzimático relacionando su acción con el efecto esperado sobre el producto.