

Apuntes de

Ciencia de los Alimentos

- Patricia Vit
Editora



control de calidad
 composición química
 grupos de alimentos
 procesamiento tecnológico
 diagramas de flujo
 controversias nutricionales



Apuntes de

Ciencia de los Alimentos

Apuntes de

Ciencia de los Alimentos

- Patricia Vit - Editora



PUBLICACIONES
VICERRECTORADO ACADÉMICO

Autoridades Universitarias

- *Rector*
Mario Bonucci Rossini
- *Vicerrectora Académica*
Patricia Rosenzweig Levy
- *Vicerrector Administrativo*
Manuel Aranguren Rincón
- *Secretario (E)*
Manuel Joaquin Morocoima

SELLO EDITORIAL
PUBLICACIONES DEL
VICERRECTORADO
ACADÉMICO

- *Presidenta*
Patricia Rosenzweig Levy
- *Coordinadora*
Marysela C. Morillo Moreno
- *Consejo editorial*
Patricia Rosenzweig Levy
María Teresa Celis
Jonás Arturo Montilva
Marysela C. Morillo Moreno
Joan Fernando Chipia L.
Alix Madrid
Francisco Grisolia
Marlene Bauste

Unidad operativa

- *Supervisora de procesos técnicos*
Yelliza García
- *Apoyo técnico*
Juan Carlos Monsalve

Los trabajos publicados en esta colección han sido rigurosamente seleccionados y arbitrados por especialistas en las diferentes disciplinas.

Sello Editorial Publicaciones
Vicerrectorado Académico

**Apuntes de Ciencia
de los Alimentos**

Primera edición digital, 2015
Segunda edición digital, 2024

- © Universidad de Los Andes
Sello Editorial Publicaciones
del Vicerrectorado Académico
de la Universidad de Los Andes
- © Patricia Vit
Editora

Hecho el depósito de ley
Depósito Legal: ME2024000008
ISBN: 978-980-11-2155-8

- *Revisión técnica del texto*
Gina Meccia
- *Concepto de colección*
Katalin Alava
- *Diseño y diagramación*
Jéssica López R.
- *Diseño de ilustración de portada*
Patricia Vit
(Imágenes tomadas de Freepik)

Prohibida la reproducción
total o parcial de esta
obra sin la autorización
escrita de los autores y editores.

Universidad de Los Andes
Av. 3 Independencia,
Edificio Central del Rectorado,
Mérida, Venezuela.
publicacionesva@ula.ve
publicacionesva@gmail.com
<http://www2.ula.ve/>
[publicacionesacademicas](http://publicacionesacademicas.ula.ve/)

A los estudiantes de Ciencia de los Alimentos,
semestre A-2006,
por su entusiasmo motivador
para recopilar estos apuntes.

A la Dirección de la Escuela de Farmacia
por estimular a los profesores en su labor docente
y por apreciar el trabajo acumulativo.

Al Decanato de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis
por su constante apoyo institucional
para la actualización profesional
en beneficio de la misión docente.

Por el trabajo en equipo

*Como seres de humanidad
reconocemos
la Madre Tierra
sus alimentos
su Creador
entrelazados
estudiamos
aprendemos
intentamos comunicarnos*

ÍNDICE GENERAL

21	PRÓLOGO	
23	INTRODUCCIÓN	
	I PARTE - COMPONENTES DE LOS ALIMENTOS	
1	Capítulo	
27	EL AGUA Y EL HIELO	Patricia Vit / Isbelia González †
29	1.1 Origen del Agua	
30	1.2 Distribución del agua en el planeta Tierra	
30	1.3 Estructura del agua	
31	1.4 Propiedades del agua pura	
32	1.5 Importancia del agua en los alimentos	
34	1.6 Formas de agua en los alimentos	
34	1.7 Actividad de agua (Aw)	
34	1.8 Efectos del agua en la estabilidad bioquímica y microbiológica de los alimentos	
35	1.9 Formación del hielo	
36	1.10 Obtención de agua potable	
37	Ejercicios	
38	Controversias en debate (CED)	
38	CED 1.1 El agua del planeta Tierra es de origen volcánico	
38	CED 1.2 ¿Consumiremos más agua de la disponible en el planeta?	
39	Referencias	
2	Capítulo	
41	CARBOHIDRATOS	Patricia Vit
43	2.1 Origen de los carbohidratos	
45	2.2 Definición y clasificación	
45	2.3 Estructura y nomenclatura	
47	2.4 Importancia de los carbohidratos en los alimentos	
48	2.5 Reacciones químicas	
49	2.6 Propiedades funcionales de los azúcares	
49	2.7 Propiedades funcionales de los polisacáridos	
50	2.8 Efectos de los azúcares en la estabilidad bioquímica y microbiológica de los alimentos	
50	2.9 Obtención de almidón	
51	Ejercicios	

51	Controversias en debate (CED)
51	CED 2.1 El polémico uso de azúcares en alimentos y bebidas
51	CED 2.2 La controversia de la creatina
52	Referencias

3 Capítulo

53	LÍPIDOS	Fanny Quintero
55	3.1 Origen de los lípidos	
55	3.2 Funciones de los lípidos en los organismos vivos	
56	3.3 Definición y clasificación de los lípidos	
59	3.4 Estructura y nomenclatura de los lípidos	
61	3.5 Importancia de los lípidos en los alimentos	
62	3.6 Propiedades físicoquímicas de los lípidos de interés en los alimentos	
64	3.7 Propiedades funcionales de los lípidos en los alimentos	
64	3.8 Deterioro causado por transformaciones de lípidos en los alimentos	
66	3.9 Técnicas para evaluar el estado de rancidez de los lípidos.	
67	3.10 Antioxidantes	
68	3.11 Efectos de los lípidos en la estabilidad bioquímica de alimentos	
69	3.12 Comparación de mantequilla y margarina	
69	3.13 Obtención de margarina	
69	3.14 Obtención de aceite	
70	Ejercicios	
71	Controversias en debate	
71	CED 3.1 Consumir aceite de pescado es beneficioso para la salud	
71	CED 3.2 ¿Es más saludable consumir margarina que consumir mantequilla?	
72	Referencias	

4 Capítulo

75	PROTEÍNAS	Patricia Vit / Willian Materano
77	4.1 Origen de las proteínas	
78	4.2 Funciones de las proteínas en los organismos vivos	
79	4.3 Definición de proteínas	
79	4.4 Los aminoácidos	
80	4.5 Clasificación de los aminoácidos	

83	4.6	Propiedades de los aminoácidos
85	4.7	El enlace peptídico
85	4.8	Estructura tridimensional de las proteínas
88	4.9	Clasificación de las proteínas
89	4.10	Importancia de las proteínas en los alimentos
91	4.11	Propiedades físicoquímicas de las proteínas
92	4.12	Desnaturalización y renaturalización proteica
93	4.13	Propiedades funcionales de las proteínas en los alimentos
94	4.14	Grupos de proteínas consumidas como alimento
95	4.15	Obtención de gluten
96	4.16	Elaboración de queso fresco
96		Ejercicios
96		Controversias en debate (CED)
96	CED 4.1	Consumir desayunos hiperproteicos es beneficioso para la salud
97	CED 4.2	La nixtamalización mejora el valor nutricional del maíz
97		Referencias

5 Capítulo

99	ENZIMAS	Patricia Vit
101	5.1	Origen de las enzimas
102	5.2	Funciones de las enzimas en los organismos vivos
102	5.3	Definición de enzimas
103	5.4	Estructura enzimática
104	5.5	Nomenclatura
105	5.6	Clasificación de las enzimas
106	5.7	Actividad enzimática
107	5.8	Cinética enzimática
108	5.9	Importancia de las enzimas en los alimentos
109	5.10	Oscurecimiento enzimático
110	5.11	Propiedades funcionales de las enzimas en los alimentos
111	5.12	Obtención de papaína

112	Ejercicios
112	Controversias en debate (CED)
112	CED 5.1 Consumir suplementos enzimáticos es recomendable
112	CED 5.2 Legislación sobre enzimas alimentarias
112	Referencias

6 Capítulo

113	MICRONUTRIENTES: VITAMINAS Y MINERALES	Patricia Vit
115	6.1 Origen de los micronutrientes	
115	6.2 Vitaminas	
116	6.3 Clasificación de las vitaminas	
116	6.4 Importancia de las vitaminas en los alimentos	
119	6.5 Minerales	
119	6.6 Clasificación de los minerales	
120	6.7 Importancia de los minerales en los alimentos	
121	Ejercicios	
122	Controversias en debate	
122	CED 6.1 ¿Puede ser tóxico un exceso de vitaminas y de minerales?	
122	CED 6.2 Las vitaminas y minerales ¿son drogas inteligentes?	
122	Referencias	

II PARTE - MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

7 Capítulo

125	CAUSAS DE DETERIORO	Patricia Vit / Isbelia González †
127	7.1 Deterioro alimentario	
128	7.2 Origen de la contaminación natural	
129	7.3 Causas de deterioro	
129	7.4 Factores intrínsecos y extrínsecos	
132	7.5 Microorganismos que alteran los alimentos	
134	7.6 Principios de conservación	
135	7.7 Efecto barrera, inactivación, eliminación de microorganismos	
136	7.8 Métodos combinados de conservación de alimentos	
137	Ejercicios	
137	Controversias en debate (CED)	
138	CED 7.1 ¿Ayuda alimentaria o subsidios a la exportación?	
138	CED 7.2 Seguridad alimentaria y calidad de vida	
138	Referencias	

8 Capítulo

139	ALTAS TEMPERATURAS	Patricia Vit
141	8.1 Fundamentos de la conservación por altas temperaturas	
141	8.2 Calor	
142	8.2.1 Unidades de calor	
142	8.2.2 Clases de calor	
142	8.2.3 Tipos de transferencia de calor	
144	8.2.4 Medición de la penetración de calor	
144	8.3 Termorresistencia	
144	8.3.1 Factores que afectan la termorresistencia.	
144	8.3.2 Curvas de destrucción térmica o curvas TDT	
147	8.4 Métodos de tratamiento térmico y equipos utilizados	
147	8.4.1 Cocción	
149	8.4.2 Escaldado	
150	8.4.3 Pasteurización	
151	8.4.4 Esterilización	
154	8.5 Obtención de cereales extruídos	
154	Ejercicios	
155	Controversias en debate (CED)	
155	CED 8.1 El debate del bisfenol. Un químico sospechoso de las botellas plásticas y los enlatados	
155	CED 8.2 La toxina botulínica podría ser un arma biológica	
156	Referencias	

9 Capítulo

157	BAJAS TEMPERATURAS	Patricia Vit
159	9.1 Fundamentos de la conservación por bajas temperaturas	
160	9.2 Refrigeración	
161	9.3 Congelación	
162	9.4 Equipo básico de un sistema de refrigeración	
163	9.5 Propiedades de los refrigerantes	
164	9.6 ¿Cómo ocurre la congelación en los alimentos?	
165	9.7 Efectos del enfriamiento y la congelación en la estabilidad bioquímica y microbiológica de los alimentos	
166	9.8 Efectos de la descongelación en los alimentos.	
167	9.9 Cálculos de cargas térmicas de refrigeración y de congelación	
168	9.10 Parámetros considerados en los procesos de refrigeración y congelación	

169	9.11 Equipos de refrigeración y de congelación
170	9.12 Obtención de helados
172	Ejercicios
172	Controversias en debate (CED)
172	CED 9.1 Consumir bebidas heladas es dañino para la salud
174	CED 9.2 La congelación afecta el contenido de micronutrientes de los alimentos
174	Referencias

10 Capítulo

177	DISMINUCIÓN DE A_w .	Patricia Vit
179	10.1 Fundamentos de la conservación por disminución del agua disponible para la vida	
180	10.2 Disponibilidad de agua	
180	10.3 Reducción de A_w e isothermas de equilibrio de humedad	
183	10.4 Factores que controlan el secado	
183	10.5 ¿Cómo ocurre el secado de los alimentos?	
184	10.6 Efectos de la disminución de A_w en los alimentos procesados	
186	10.7 Métodos usados para extraer agua de los alimentos	
186	10.8 Equipos de secado	
187	10.9 Efectos de la reconstitución de los alimentos	
187	10.10 Sistemas de reducción de A_w	
188	10.11 Obtención de leche en polvo	
188	Ejercicios	
189	Controversias en debate	
189	CED 10.1 La liofilización de frutas es muy costosa y no se justifica	
189	CED 10.2 La calidad higiénica de los alimentos conservados por disminución de A_w es inferior a la de alimentos conservados por cualquier otro método	
190	Referencias	

11 Capítulo

191	FERMENTACIONES	Patricia Vit / Isbelia González †
193	11.1 Fundamentos de la conservación por fermentación	
194	11.2 Beneficios de las fermentaciones	
194	11.3 Microorganismos utilizados en las fermentaciones	

195	11.4 Microorganismos iniciadores
195	11.5 Parámetros de control y sistemas de medidas
196	11.6 Fermentación alcohólica
196	11.7 Fermentación láctica
197	11.8 Fermentación acética
198	11.9 Elaboración de cerveza
200	11.10 Elaboración de yogur
201	11.11 Diferentes tipos de vinagre
202	Ejercicios
202	Controversias en debate (CED)
202	CED 11.1 ¿Son realmente más nutritivos los alimentos fermentados?
202	CED 11.2 ¿El hongo llamado hongo de la podredumbre blanca es beneficioso o perjudicial en la elaboración del vino?
202	Referencias

12 Capítulo

203	ADITIVOS	Fanny Quintero / Bertha Santiago
205	12.1 Origen de los aditivos	
206	12.2 Definición de aditivo	
206	12.3 Nomenclatura de los aditivos	
207	12.4 Regulación de los aditivos	
208	12.5 Clasificación de los aditivos	
212	12.6 Importancia de los aditivos en los alimentos	
213	Ejercicios	
213	Controversias en debate (CED)	
213	CED 12.1 El lactato y otras sales pueden emplearse para el control de patógenos siempre que no afecten sus propiedades organolépticas	
214	CED 12.2 La industria de alimentos sin aditivos, sería más sana	
215	Referencias	

13 Capítulo

217	NUEVAS TECNOLOGÍAS	Patricia Vit
219	13.1 Fundamentos de la conservación por nuevas tecnologías	
220	13.2 Irradiación	
220	13.3 Altas presiones	

222	13.4 Campos eléctricos pulsantes
223	13.5 Campos magnéticos oscilantes
224	13.6 Pulsos luminosos
225	13.7 Equipos multidisciplinares estudian los alimentos del futuro
226	Ejercicios
226	Controversias en debate (CED)
226	CED 13.1 ¿Cree usted que las tecnologías emergentes lograrán que el hambre quede atrás en la historia?
228	CED 13.2 Los riesgos emergentes relacionados con las nuevas tecnologías
228	Referencias

14 Capítulo

231	SISTEMAS DE EMPAQUETADO	Patricia Vit
233	14.1 Fundamentos de la conservación por sistemas de empaquetado	
234	14.2 Empaques para diferentes grupos de alimentos	
235	14.3 Empaques rígidos, semi-rígidos y flexibles	
235	14.4 Cartón y papel	
237	14.5 Metales	
239	14.6 Plásticos	
241	14.7 Vidrio	
243	14.8 Envases alimentarios y medio ambiente	
243	Ejercicios	
243	Controversias en debate (CED)	
243	CED 14.1 Elabore una lista de empaques de alimentos consumidos hoy	
243	CED 14.2 Visite una empresa de empaques para conocer sus materiales	
244	Referencias	

III PARTE - PRINCIPALES GRUPOS DE ALIMENTOS

15 Capítulo

247	LECHE Y DERIVADOS LÁCTEOS	Patricia Vit / Fanny Quintero / Bertha Santiago
249	15.1 Introducción	
249	15.2 Leche	
249	15.2.1 Definición	
249	15.2.2 Composición	

250	15.2.3 Clasificación
250	15.2.4 Elaboración de leche pasteurizada
251	15.2.5 Normas
252	15.2.6 Alteraciones de la leche pasteurizada
252	15.3 Queso.
252	15.3.1 Definición
252	15.3.2 Composición
252	15.3.3 Clasificación
253	15.3.4 Elaboración del queso
253	15.3.5 Normas
253	15.3.6 Alteraciones del queso
254	15.4 Crema.
254	15.4.1 Definición
254	15.4.2 Composición
254	15.4.3 Clasificación
254	15.4.4 Elaboración de la crema
254	15.4.5 Normas
255	15.4.6 Alteraciones de la crema
255	15.5 Mantequilla
255	15.5.1 Definición
255	15.5.2 Composición
256	15.5.3 Clasificación
256	15.5.4 Elaboración de la mantequilla
256	15.5.5 Normas
258	15.5.6 Alteraciones de la mantequilla
258	Ejercicios
258	Controversias en debate
258	CED 15.1 Las adulteraciones del queso permiten conservarlo mejor
258	CED 15.2 El aguado de la leche permite obtener un producto light
259	Referencias

16 Capítulo

261	FRUTAS Y HORTALIZAS	Patricia Vit
263	16.1 Definición de frutas	
264	16.2 Definición de hortalizas	
265	16.3 Estructura de frutas y de hortalizas	
266	16.4 Composición química	

267	16.5 Fisiología vegetal
268	16.6 Bioquímica de la postcosecha
269	16.7 Respuestas fisiológicas ante condiciones adversas
270	16.8 Pigmentos, esencias y compuestos fenólicos
271	16.9 Métodos de conservación de frutas y hortalizas
272	16.10 Productos derivados de frutas
275	16.11 Productos derivados de hortalizas
276	16.12 Normas de control de calidad de frutas
276	16.13 Elaboración de néctar de guayaba
277	Ejercicios
277	Controversias en debate
277	CED 16.1 ¿Cuándo consumir las frutas?, ¿al comienzo o al final de la comida?
277	CED 16.2 ¿Cómo consumir las hortalizas?, ¿crudas, al vapor, horneadas, fermentadas, congeladas, fritas, deshidratadas, etc.?
277	Referencias

17 Capítulo

279	CEREALES Y DERIVADOS	Patricia Vit
281	17.1 Definición de cereales	
281	17.2 Origen botánico	
282	17.3 Estructura de los cereales	
283	17.4 Composición química de los cereales y sus derivados	
284	17.5 Principales grupos de cereales y sus derivados	
291	17.6 Métodos de conservación de los cereales	
291	17.7 Productos derivados de los cereales	
291	17.8 Panificación.	
292	17.9 Normas de control de calidad de cereales	
292	17.10 Elaboración de harina	
293	Ejercicio	
293	Controversias en debate (CED)	
293	CED 17.1 Las harinas sólo pueden obtenerse de cereales	
293	CED 17.2 El cereal en grano no es tan malo para el bebé	
294	Referencias	

18 Capítulo

295	CARNES Y DERIVADOS	Patricia Vit
297	18.1 Definición de carnes	

297	18.2 Estructura musculares
299	18.3 Tipos de proteínas
299	18.4 Composición química de las carnes y sus derivados
302	18.5 Bioquímica de la contracción muscular
303	18.6 Fisiología <i>post-mortem</i>
304	18.7 Clasificación de carnes y aves
305	18.8 Pigmentos y cambios de color
306	18.9 Métodos de conservación de carnes y aves
307	18.10 Productos derivados de carnes
307	18.11 Normas de control de calidad de carnes y sus derivados
308	18.12 Elaboración de jamón cocido
308	Ejercicios
309	Controversias en debate (CED)
309	CED 18.1 Implicaciones ecológicas del consumo de carne de animales en vía de extinción
309	CED 18.2 Repercusión de dietas ricas en cárnicos, en la salud humana
309	Referencias
	APÉNDICES
311	1. Normas COVENIN para control de calidad de alimentos CT10 Productos Alimenticios
315	2. Lista de términos en inglés técnico para ciencia de alimentos
317	3. Acrónimos institucionales
321	4. Identificación botánica de plantas comestibles
327	5. Identificación de alimentos de origen animal
329	Los autores

PRÓLOGO

Es un honor presentar este libro, editado por una profesora del Departamento Ciencia de los Alimentos, donde realicé mi labor académica. La introducción de métodos analíticos en la determinación de la composición química de los alimentos, así como la determinación de las adulteraciones que se pueden presentar con fines fraudulentos, y los procesos de descomposición por la acción de agentes microbianos, por reacciones químicas, por agentes físicos. Hoy en día se cuenta con un arsenal de equipos analíticos de última generación que permiten y facilitan, en grado sumo, el análisis de los alimentos en general, obteniendo resultados confiables y seguros.

En los estudios de Farmacia, se han incluido asignaturas que permiten al profesional de esta área, realizar análisis con seguridad, precisión y confiabilidad; ya que ha cursado asignaturas teóricas y prácticas que le permiten obtener una formación integral en el área de análisis y tecnología de alimentos.

Es necesario tomar en cuenta los distintos componentes que se encuentran en los alimentos, los cuales son de gran importancia en los cambios que ocurren durante su preparación, elaboración y almacenamiento. También es importante prestar atención a ciertos compuestos como pectinas, taninos, aceites esenciales, o a ciertos fenómenos que se producen como el pardeamiento enzimático, estado coloidal, propiedades reológicas, cambios de color, aroma, textura, etc.

El problema de la tecnología y del análisis de alimentos, es complejo. Hay que tomar en cuenta las diferentes aristas que pueden afectar su comportamiento industrial, biológico, higiénico, químico, analítico, económico, político social; aspectos que deben enfocarse para acercarse más a la profundidad y realidad del tema.

Con el adelanto científico actual resulta inexplicable y hasta paradójico que entre un país y otro, y lo que es peor, que dentro del mismo país, existan diferencias, a veces profundas, en los distintos organismos oficiales sobre la apreciación de un alimento, especialmente respecto a su condición de aptitud para el consumo.

Con la certeza de que este libro será útil a los estudiantes de Ciencia de los Alimentos que consulten sus páginas.

Prof. Antonio Van Grieken †
Prof. Jubilado del Departamento Ciencia de
los Alimentos
Ex-secretario de la Universidad de Los Andes

INTRODUCCIÓN

Ciencia de los Alimentos es una asignatura cursada por estudiantes del sexto semestre de la carrera de Farmacia. En esta asignatura se imparte la teoría en tres grandes bloques del conocimiento, sobre los componentes de los alimentos (agua, lípidos, carbohidratos, proteínas, enzimas, micronutrientes), sus métodos de conservación para prevenir las causas de deterioro (altas temperaturas, bajas temperaturas, disminución de A_w , fermentación, aditivos, nuevas tecnologías, sistemas de empaquetado) y los principales grupos de alimentos (leche y derivados lácteos, frutas y hortalizas, cereales y derivados, carnes y derivados).

La diferencia entre ciencia y tecnología de alimentos es concebida por el IFT (*Institute of Food Technologists*) de esta manera: Ciencia de alimentos es la disciplina en la cual se estudia la naturaleza de los alimentos, las causas de deterioro, los principios de conservación y el mejoramiento de los alimentos para su consumo público. Tecnología de alimentos es la aplicación de la ciencia de los alimentos para seleccionar los métodos de conservación, procesamiento, empaque, distribución y uso de alimentos sanos, nutritivos y atractivos.

Los *Apuntes de Ciencia de los Alimentos* son extractos ordenados de libros y revistas especializados donde cada tema se trata con más detalle. Fueron preparados para compartir una síntesis básica de este extenso cuerpo del conocimiento vinculado con la composición y

la conservación de los principales grupos de alimentos para el consumo humano y ofrecer una guía de estudio. Los apéndices están orientados a proveer información de inglés técnico y las normas oficiales para control de calidad de alimentos.

El énfasis de esta obra es la integración académica de los criterios aplicados en la conservación de los alimentos, desde la claridad conceptual y la búsqueda de información, hasta los ejemplos ilustrados de tecnologías utilizadas en la transformación de los alimentos para extender la vida útil y aumentar su diversidad en la dieta. Es un texto de consulta útil para analistas, estudiantes, funcionarios, empresarios y profesores vinculados con el sector alimentario, diagramado con fines didácticos.

Prof. Patricia Vit
Jefa Departamento Ciencia de los Alimentos

I PARTE - COMPONENTES DE LOS ALIMENTOS

Capítulo 1

EL AGUA Y EL HIELO

Capítulo 2

CARBOHIDRATOS

Capítulo 3

LÍPIDOS

Capítulo 4

PROTEÍNAS

Capítulo 5

ENZIMAS

Capítulo 6

MICRONUTRIENTES: VITAMINAS Y MINERALES

Capítulo 1

El agua y el hielo

Patricia Vit / Isbelia González †

El agua es el único componente químico contenido en todos los alimentos porque es el solvente universal indispensable para la vida en el planeta Tierra. Las tecnologías de producción y conservación de los alimentos deben considerar las propiedades físicas y químicas del agua para diseñar las barreras que impidan o retrasen su deterioro.

Es importante asimilar en este capítulo los conceptos de: Estructura del agua, propiedades del agua pura (calor específico, calor de fusión, calor de vaporización, constante dieléctrica, polaridad, punto de ebullición, punto de fusión, tensión superficial, viscosidad), importancia del agua en los alimentos, formas de agua en los alimentos, actividad de agua (A_w), efectos del agua en la estabilidad bioquímica y microbiológica de los alimentos, y formación del hielo. El proceso de obtención agua potable permite vincular los conceptos teóricos de este capítulo con el uso cotidiano de este valioso recurso natural.

Finalmente se sugieren dos ejercicios vinculados con la determinación de humedad en los alimentos, y se presentan dos controversias debatibles sobre el origen del agua y nuestro compromiso de preservar el agua en el planeta Tierra

Nada hay en el mundo más blando y débil que el agua,
mas nada le toma ventaja en vencer a lo recio y lo duro,
El agua vence a lo duro,
lo débil vence a lo fuerte,
nadie en el mundo ignora esta razón,
mas en el mundo nadie es capaz de atenerse a ella.

Lao Zi
El Libro del Tao

Contenido

- 1.1 Origen del agua
- 1.2 Distribución del agua en el planeta Tierra
- 1.3 Estructura del agua
- 1.4 Propiedades del agua pura
- 1.5 Importancia del agua en los alimentos
- 1.6 Formas de agua en los alimentos
- 1.7 Actividad de agua (A_w)
- 1.8 Efectos del agua en la estabilidad bioquímica y microbiológica de los alimentos
- 1.9 Formación del hielo
- 1.10 Obtención de agua potable

El agua y el hielo

1.1 Origen del agua

El agua es un recurso natural esencial para la vida. Su origen volcánico o extraterrestre se explica con dos teorías en debate (Ver CED 1 al final del capítulo).

En la corteza terrestre, el agua constantemente se transforma evaporándose de las superficies en contacto con el aire, precipitándose con la lluvia, la nieve y el granizo, derritiéndose, congelándose en glaciares, infiltrándose en reservorios subterráneos. Todos estos cambios se conocen como el ciclo del agua (Ver Figura 1.1)

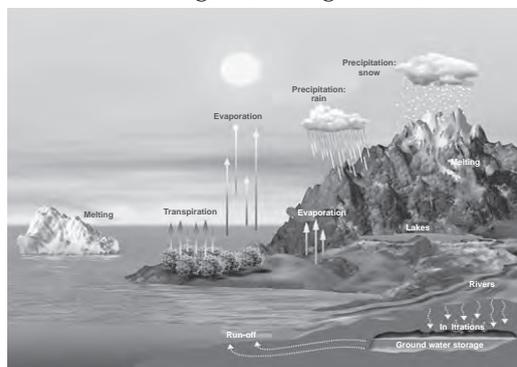


Figura 1.1 Ciclo del agua

Fuente: Anónimo

1.2 Distribución del agua en el planeta Tierra

El agua en el planeta está distribuida de la siguiente manera: un 97 % en los océanos (agua salada) y un 3% de agua dulce. De ese 3 % de agua dulce, el 68,7 % se encuentra en los glaciares, un 30,1 % en aguas subterráneas y un 0,9 % en otras formas. El 0,3 % restante corresponde a agua dulce superficial en estado líquido. De ese 0,3 %, el 87 % está en los lagos, el 12 % en los ríos y el 11 % en los pantanos. Es necesario usar el agua dulce racionalmente para que no se agote este recurso natural no renovable (Ver CDE 2 al final del capítulo).

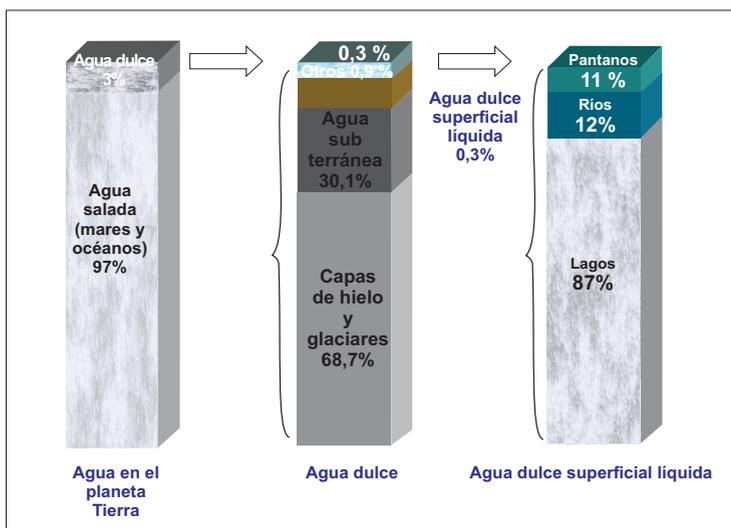


Figura 1.2 Proporciones de los tipos de agua en el planeta Tierra
Modificado de: www.grida.no/geo/geo3

1.3 Estructura del agua

El agua en estado de vapor y líquido es un monómero con forma tetraédrica (Ver Figura 1.3). En estado sólido es un polímero sostenido por puentes de hidrógeno. Es de naturaleza dipolar. Forma enlaces de hidrógeno con otras moléculas.

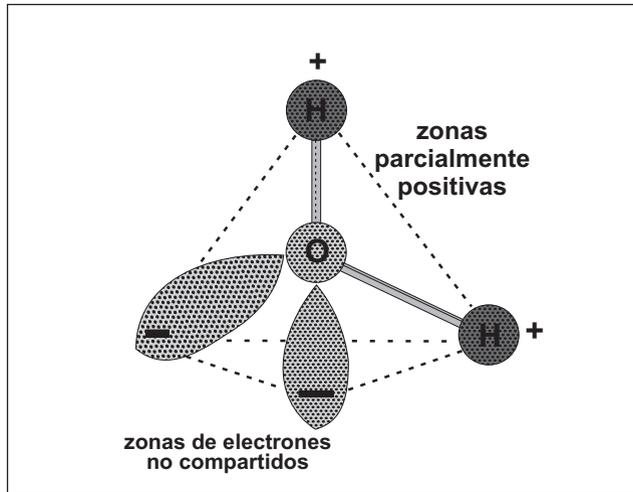


Figura 1.3 Estructura química del agua

1.4 Propiedades del agua pura

1. **Calor específico:** Es la capacidad de almacenar energía calórica para incrementar la temperatura del agua.

2. **Calor de fusión:** Es la cantidad de energía requerida para transformar una unidad de masa de agua del estado sólido al estado líquido.

3. **Calor de vaporización:** Es la cantidad de energía necesaria para eliminar fuerzas de atracción entre las moléculas adyacentes de un líquido.

4. **Constante dieléctrica:** Se conoce como constante dieléctrica la fuerza de atracción entre dos iones de carga opuesta.

5. **Polaridad:** El agua forma un dipolo (Ver figura 1.4).

6. **Punto de fusión:** Es la temperatura a la cual la presión de vapor del sólido es igual a la presión de vapor del líquido

7. **Punto de ebullición:** Es la temperatura a la cual la presión de vapor del líquido iguala la presión de vapor atmosférico.

8. **Tensión superficial:** Es la fuerza debida a la conexión molecular y es inversamente proporcional a la temperatura.

9. **Viscosidad:** El agua en estado líquido se comporta como un monómero y en estado sólido como un polímero porque los puentes de hidrógeno son sensibles al calor.

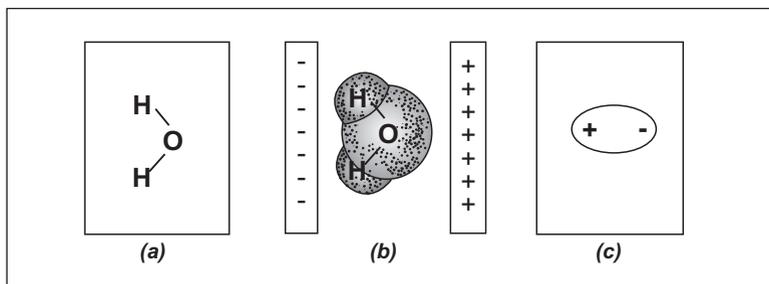


Figura 1.4 Estructura dipolar del agua

(a) Los átomos de hidrógeno están cargados positivamente y el átomo de oxígeno está cargado negativamente. (b) La molécula de agua se orienta en un campo eléctrico. (c) Diagrama simple de un dipolo como la molécula de agua, mostrando un lado positivo y otro negativo.

Fuente: www.agronort.com/informacion/calidagua.html

La estructura del agua determina sus propiedades físicas, las cuales se definen a continuación, y sus valores se indican en la Tabla 1.1, donde puede resaltarse que el agua tiene una elevada capacidad calórica y tensión superficial. También se sabe que es el compuesto con calor de vaporización latente más alto.

Tabla 1.1 Constantes físicas del agua

Propiedades físicas	Constantes
Calor específico (cal/g °C)	1
Calor de fusión (cal/g)	79,7
Calor de vaporización (cal/g)	539,5
Tensión superficial	
Punto de fusión (°C)	0
Punto de ebullición (°C)	100
Constante dieléctrica	
Viscosidad (cps)	1

1.5 Importancia del agua en los alimentos

Por diversas razones, el agua contenida en los alimentos juega un rol importante para su conservación y para su aprovechamiento nutricional: 1. Es el constituyente más abundante en la mayor parte de los alimentos; 2. Forma parte del medio para las reacciones bioquímicas

en los seres vivos y en los sustratos; 3. Es constituyente de los medios de transporte para los nutrientes celulares; 4. Se considera al agua como el solvente universal.

En la Tabla 1.2 se compara el contenido de agua de algunos alimentos y bebidas de uso frecuente:

Tabla 1.2 Contenido de agua en alimentos y bebidas

Alimento	Humedad (g agua / 100 g alimento)
Aceite	0,0
Aguacate	76,0
Almendras	8,0
Atún natural enlatado	73,2
Azúcar	0,5
Caraotas negras cocidas	68,8
Cerveza	91,8
Coco maduro	50,8
Costilla de cerdo	57,7
Cotufa	8,0
Chipi Chipi	78,2
Harina precocida de maíz	11,2
Huevo de gallina	74,1
Leche cruda	87,8
Leche en polvo	3,5
Lechuga	94,2
Lomito de res	74,8
Malta	86,5
Mantequilla	19,5
Margarina	15,5
Mermelada	27,6
Melón	92,8
Miel de abejas	20,0
Pulpo	83,2
Trucha arcoíris	76,3
Yogur natural de leche entera	85,3
Yogur natural de leche descremada	87,0

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición, 2001.

1.6 Formas de agua en los alimentos

El agua contenida en los alimentos puede encontrarse en forma de agua libre o de agua ligada, las cuales se diferencian a continuación:

El agua libre posee las siguientes características: 1. Posee idénticas propiedades al agua pura, se congela a bajas temperaturas y actúa como solvente; 2. Es el agua disponible para el crecimiento microbiano; 3. Interviene como solvente o dispersante.

El agua ligada no está disponible para la vida porque actúa de manera diferente al agua pura: 1. No congela a bajas temperaturas; 2. No actúa como solvente; 3. Debido a que las moléculas son atraídas por grupos polares permanecen adsorbidas en forma de estratos; 4. Se encuentra atrapada en los espacios formados por los tejidos estructurales.

1.7 Actividad de agua (Aw)

La actividad de agua (Aw, del inglés water activity) es una medida indirecta del contenido de agua disponible en un determinado alimento, la cual determina su participación en posibles reacciones químicas, bioquímicas o microbiológicas. Su valor es menor o igual a la unidad porque expresa un cociente donde el divisor siempre es mayor que el dividendo:

$$A_w = P_w / P^{\circ}w$$

P_w = Presión parcial de vapor de agua de una solución o alimento.

$P^{\circ}w$ = Presión del vapor de agua en una superficie de agua pura.

1.8 Efectos del agua en la estabilidad bioquímica y microbiológica de los alimentos

La estabilidad bioquímica de los alimentos dependen de tres propiedades de la molécula del agua: 1. Capacidad para actuar como disolvente; 2. Interacción con otros componentes de los alimentos; 3.

Capacidad de actuar como medio para la difusión de componentes y facilitar sus reacciones.

La oxidación de los lípidos se ve favorecida con una baja Aw porque aumenta la posibilidad de enranciamiento no enzimático; sin embargo, el enranciamiento enzimático y el desarrollo de microorganismos ocurre en alimentos con mayor Aw.

1. Tipo de alimento
2. Concentración de solutos
3. Temperatura
4. pH
5. Presencia de aditivos
6. Otros factores

Entre los factores que tienden a ligar agua en los alimentos pueden mencionarse:

1. Solutos: azúcares, sales.
2. Coloides hidrófilos: agar, gelatina.
3. Congelación: por separación de cristales de hielo y por aumento de la concentración de solutos en agua remanente.

1.9 Formación del hielo

El hielo se forma cuando el agua se cristaliza por congelación, y es el tercer estado sólido junto con el agua líquida y el vapor. El agua pura se congela a una temperatura de 0°C en el nivel del mar. La mayoría de las sustancias disminuyen su volumen cuando se congelan; sin embargo, el agua aumenta su volumen, al igual que el galio, el bismuto, el ácido acético, el antimonio y el silicio. Esta propiedad permite la vida en el mar porque los icebergs flotan por su menor densidad; si por lo contrario los témpanos de hielo se hundiesen en el fondo del mar, éste se congelaría.

La estructura cristalina del hielo es tetraédrica, con un átomo de oxígeno en el centro y cuatro átomos de hidrógeno en los vértices, por ello las moléculas de agua congelada no se compactan y la densidad del hielo es 0,9 veces menor que la del agua líquida. El cristal de hielo tiene una forma hexagonal que adopta variadas combinaciones geométricas de los copos de nieve (Ver Figura 1.4).

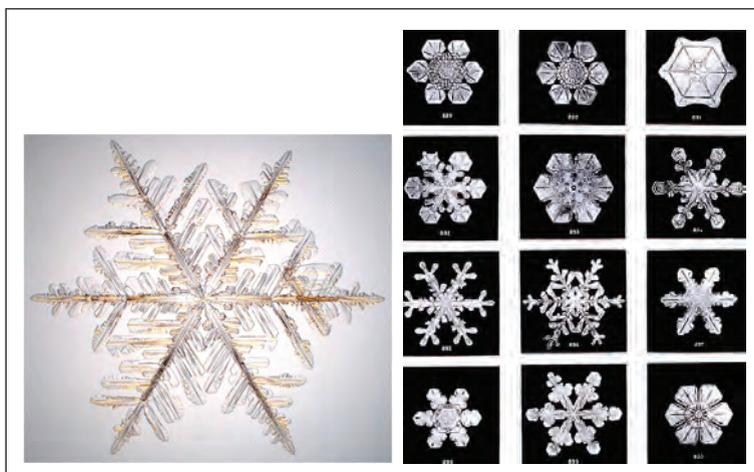


Figura 1.4 Cristales de hielo

Fuentes: <http://www.webislam.com/Descarga/Imagenes>
<http://es.wikipedia.org/wiki/Hielo>

Cuando se combinan varias subestructuras tetraédricas de las moléculas de agua (Ver Figura 1.3), y observando el sistema desde arriba, podría apreciarse una simetría hexagonal en la estructura molecular de los cristales de hielo superpuestos para formar bloques de hielo.

1.10 Obtención de agua potable

El agua utilizada para el consumo humano y en la industria de alimentos es agua tratada en plantas diseñadas para potabilizar el agua. El tratamiento del agua depende de su origen, el cual puede ser superficial, subterráneo o meteórico.

En la planta de tratamiento de agua del Vallecito, se recibe el agua cruda de dos fuentes superficiales representadas por el río Mucujún y el río Milla. Su transformación en agua potable y distribución al consumidor se ilustra en la Figura 1.5, y requiere de las siguientes operaciones: 1. Desbaste; 2. Aireación; 3. Coagulación; 4. Sedimentación; 5. Filtración; 6. Cloración; 7. Almacenamiento; 8. Distribución.

agua cruda	Afluentes Río Mucujún y Río Milla.
↓	
desbaste	Retiene material grueso arrastrado por el agua como troncos y piedras.
↓	
aireación	Elimina los gases CO ₂ y H ₂ S, este último confiere mal olor. Oxida Fe ²⁺ coloreado a Fe ³⁺ incoloro.
↓	
coagulación	Permite la formación del flóculo con la alúmina Al ₂ (SO ₄) ₃ + Ca(OH) ₂ y prepara la eliminación de partículas coloidales.
↓	
sedimentación	Elimina 80 90% de los sólidos suspendidos en forma de lodos.
↓	
filtración	Retiene sólidos suspendidos y microorganismos. Están formados por lechos móviles de antracita, arena, grava y bolas de carbonato de Ca y Mg.
↓	
cloración	Aquí ocurre la inactivación microbiana con hipoclorito de sodio NaClO.
↓	
almacenamiento	El agua potable se almacena temporalmente en tanques.
↓	
distribución	Puede ser por red de tuberías o por cisternas. El cloro residual se estima en exceso para mantener la potabilidad hasta el extremo más alejado en la red.
↓	
agua tratada	

Figura 1.5 Principales operaciones de un acueducto
Modificado de: Vit, 2002

Ejercicios (E)

E 1.1 ¿Qué es más húmedo: un plátano verde o un plátano maduro?

E 1.2 ¿Cuál vaso de agua se evapora más rápido: agua sola, agua con 10 g sal/100 mL solución, o agua con 10 g sacarosa/100 mL solución?

Controversias en debate (CED)

CED 1.1

El agua del planeta Tierra es de origen volcánico

En la actualidad se plantean dos teorías sobre el origen del agua en la Tierra: 1. La teoría volcánica; 2. La teoría extraterrestre de los meteoritos transportadores de agua. Ambas teorías siguen discutiéndose por las escuelas de científicos que toman una u otra posición, aunque actualmente se ha visto que lo más razonable es aceptar ambas teorías ya que una complementa a la otra.

<http://club.telepolis.com/geografo/clima/agtterr.htm>
(recuperado el 09.05.06)

CED 1.2

¿Consumiremos más agua de la disponible en el planeta?

El uso que se hace del agua va en aumento en relación con la cantidad de agua disponible. Los seis mil millones de habitantes del planeta ya se han adueñado del 54% del agua dulce disponible en ríos, lagos y acuíferos subterráneos. En el 2025, el hombre consumirá el 70% del agua disponible.

Esta estimación se ha realizado considerando únicamente el crecimiento demográfico; sin embargo, si el consumo de recursos hídricos per cápita sigue creciendo al ritmo actual, dentro de 25 años el hombre podría llegar a utilizar más del 90 por ciento del agua dulce disponible, dejando sólo un 10 por ciento para el resto de especies que pueblan el planeta.

Casi el 70 por ciento del agua dulce disponible se utiliza para la agricultura. La sobreexplotación del agua subterránea por parte de los agricultores excede los niveles de alimentación natural de los acuíferos en al menos en 160.000 millones de metros cúbicos cada año. La cantidad consumida de agua para producir una cosecha es enorme: se necesitan entre uno y tres metros cúbicos de agua para cosechar un kilo de arroz y 1.000 toneladas de agua para producir una tonelada de grano.

http://www.wateryear2003.org/es/ev.php-URL_ID=1607&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
(recuperado el 01.01.05)

Referencias

- Bello Gutiérrez J (2000) Ciencia Bromatológica. *Principios Generales de los Alimentos*. Ediciones Días de Santos SA; Madrid, España; 577 pp.
- Cheftel JC, Cheftel H (1976) *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 333 pp.
- Fennema OR (1982) *Química de los alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 1095 pp.
- Instituto Nacional de Nutrición (2001) *Tabla de Composición de Alimentos para Uso Práctico*. Publicación No. 54. Serie Cuadernos Azules; Caracas, Venezuela; 97pp.
- Lao Zi (1996) *El Libro del Tao*. Alfaguara Bolsillo Clásica; México D.F., México; 278 pp.
- Vit P (2002) *Apuntes de Tecnología de Alimentos*. Ed. Fac. Farmacia ULA; Mérida, Venezuela; 214 pp.
- www.agronort.com/informacion/calidagua.html (recuperado el 11.05.06).
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Hielo> (recuperado el 11.05.06).
- http://www.webislam.com/Descarga/Imagenes/Imagen_Texto/copo_nieve.htm (recuperado el 11.05.06).

Capítulo 2

Carbohidratos

Patricia Vit

Los carbohidratos se originan mayormente en las plantas, las cuales sintetizan azúcar y almidón a partir de la fotosíntesis, por transformación de la energía lumínica del sol en energía química. La glucosa es una moneda universal que alimenta a los seres vivos del planeta Tierra. Se produce a partir de CO_2 y H_2O . Posteriormente la glucosa se transforma, puede ser polimerizada para la reserva energética. Uno de los productos más importantes para la alimentación humana es el almidón, homopolisacárido de la glucosa. Los carbohidratos son los compuestos orgánicos más abundantes en los alimentos. Su diversidad estructural le confiere numerosas funciones. Las moléculas sencillas se conocen como monosacáridos, los cuales pueden ser polihidroxialdehidos y polihidroxicetonas. Los oligosacáridos están formados por cadenas de dos a diez monosacáridos. Los polisacáridos son polímeros con tamaño variable, mayores que los oligosacáridos.

En este capítulo se presenta la estructura y nomenclatura de los carbohidratos, su importancia en la alimentación, las reacciones químicas de Maillard o pardeamiento no enzimático, formación de geles pécticos, propiedades funcionales de azúcares y polisacáridos (gelatinización, gelificación y retrogradación del almidón), efectos de los azúcares en la estabilidad bioquímica y microbiológica de los alimentos, y flujograma para la elaboración del almidón. Finalmente se sugieren dos ejercicios y se presentan dos controversias sobre el polémico uso de los azúcares en alimentos y bebidas, y la sugerencia del consumo de carnitina con carbohidratos, a fin de evitar calambres.

Premiar o consolar a niños y niñas con golosinas
ricas en carbohidratos
refuerza la cultura de los malos hábitos alimentarios
que llevan al sobrepeso y a la obesidad,

http://www.lafogata.org/06planeta/planeta8/pla_12-1.htm

Contenido

- 2.1 Origen de los carbohidratos
- 2.2 Definición y clasificación
- 2.3 Estructura y nomenclatura
- 2.4 Importancia de los carbohidratos en los alimentos
- 2.5 Reacciones químicas
- 2.6 Propiedades funcionales de los azúcares
- 2.7 Propiedades funcionales de los polisacáridos
- 2.8 Efectos de los azúcares en la estabilidad bioquímica y microbiológica de los alimentos
- 2.9 Obtención de almidón

Carbohidratos

2.1 Origen de los carbohidratos

Los carbohidratos se originan mayormente en las plantas, las cuales sintetizan azúcar y almidón a partir de la fotosíntesis, por transformación de la energía lumínica del sol en energía química. La glucosa es una moneda universal que alimenta a los seres vivos del planeta Tierra. Se produce a partir de CO_2 y H_2O . Posteriormente la glucosa se transforma, puede ser polimerizada para la reserva energética. Uno de los productos más importantes para la alimentación humana es el almidón, homopolisacárido de la glucosa.

Los carbohidratos son los compuestos orgánicos más abundantes en los alimentos. Son muy abundantes en los vegetales pero también están presentes en los alimentos de origen animal, bacteriano y de origen marino.

En la Fig. 2.1 se muestran los granos de almidón sintetizados en el interior de las células de la endodermis.

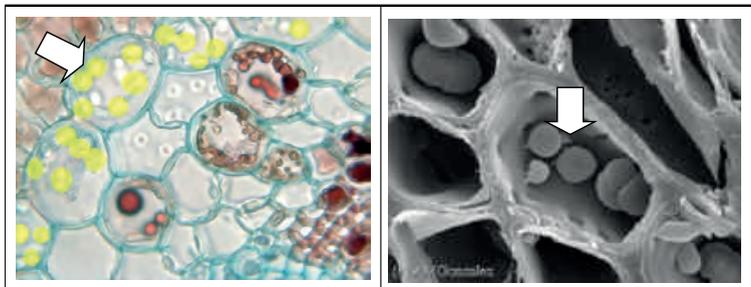


Figura 2.1 Granos de almidón sintetizados en la endodermis
 Fuentes: <http://sectic.ujaen.es/atlas/hojapino/hojapino100x2almidon.htm>
<http://fai.unne.edu.ar/biologia/images/Gu2500asmall.jpg>

El almidón puede obtenerse de cereales (arroz, maíz, trigo), frutos (plátano), raíces (yuca) y tubérculos (papa). Cuando se observa con el microscopio, pueden observarse líneas paralelas producidas por un relieve de zonas con mayor y menor concentración de almidón compactado. En la Fig. 2.2 se muestra la estructura de los granos de almidón, puede observarse que varía según el origen botánico. Existen granos simples y compuestos.

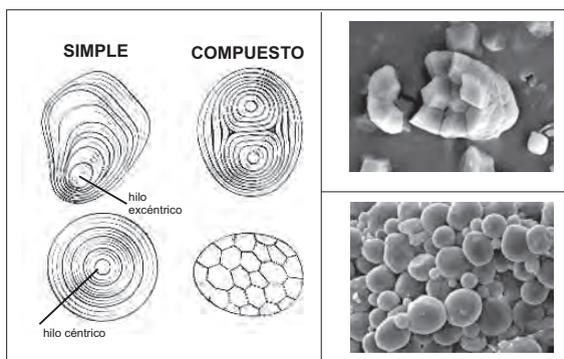


Figura 2.2 Estructura de granos de almidón
 1. Arroz *Oryza sativa*. 2. Maíz *Zea mays*.

Fuente: <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema8/8-4plastidios.htm>

2.2 Definición y clasificación

Los carbohidratos también se conocen como hidratos de carbono. Están formados por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno y pueden representarse por la siguiente fórmula $C_n (H_2O)_n$.

En la Tabla 2.1 se presenta una clasificación de los principales carbohidratos contenidos en los alimentos.

Tabla 2.1 Clasificación de carbohidratos en alimentos

Tipos de CHO	Ejemplos de CHO	
MONOSACÁRIDOS	Pentosas (arabinosa, xilosa, ribosa)	
	Hexosas (glucosa, fructosa, galactosa)	
DISACÁRIDOS	Sacarosa, lactosa, maltosa	
OLIGOSACÁRIDOS	Rafinosa, estaquirosa, palatinosa	
POLISACÁRIDOS	De reserva	Almidones (naturales y modificados)
	Estructurales	Celulosas
		Hemicelulosas
		Pectinas
	Gomas	Vegetales (guar, arábiga, karaya)
		Marinas (alginatos, carragenatos, agar)
		Microbianas (xantano, galano)

Modificado de: Bello Gutiérrez, 2000.

2.3 Estructura y nomenclatura

Su diversidad estructural le confiere numerosas funciones. Las moléculas sencillas se conocen como monosacáridos, los cuales pueden ser polihidroxialdehidos y polihidroxicetonas. Los oligosacáridos están formados por cadenas de dos a diez monosacáridos. Los polisacáridos son polímeros con tamaño variable, mayores que los oligosacáridos. En la Fig. 2.3 se ilustran algunas estructuras químicas de carbohidratos.

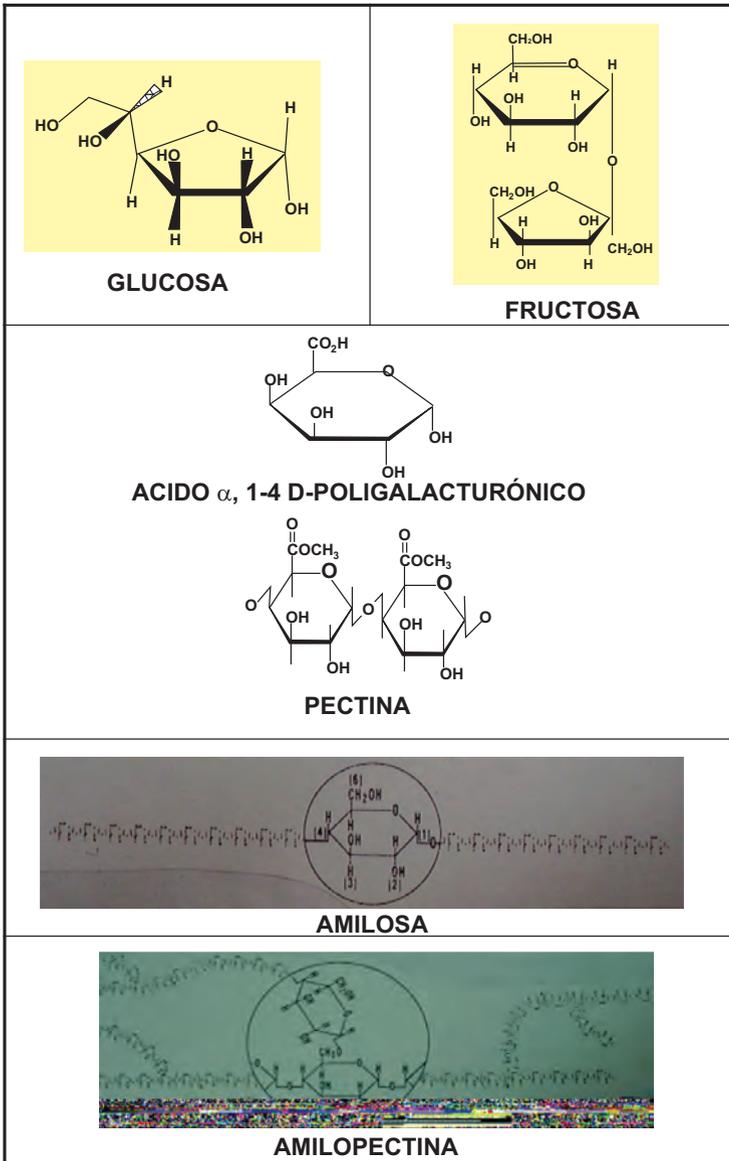


Figura 2.3 Estructuras de carbohidratos
Fuente: Cheftel y Cheftel (1976), Fennema (1982)

2.4 Importancia de los carbohidratos en los alimentos

En la Tabla 1.2 se compara el contenido de carbohidratos totales de algunos alimentos de uso frecuente. Puede observarse que un grupo de alimentos no contiene carbohidratos y que el azúcar es el alimento con mayor porcentaje de carbohidratos, seguido por la miel de abejas, la harina precocida de maíz y el arroz blanco.

Tabla 2.2 Contenido de carbohidratos totales en alimentos y bebidas

Alimento	Carbohidratos totales (g CHO / 100 g alimento)
Aceite	0,0
Aguacate	8,0
Almendra	19,6
Arroz blanco	77,7
Atún natural enlatado	0,0
Azúcar	99,5
Caraotas negras cocidas	21,0
Cerveza 5° G.L.	3,8
Coco maduro	17,5
Costilla de cerdo	0,0
Cotufa	72,8
Chipi chipi cocidos	1,0
Harina precocida de maíz	80,2
Huevo de gallina	1,5
Leche de vaca líquida completa	4,7
Leche en polvo completa	38,0
Lechuga	3,5
Lomito de res	0,0
Malta	11,5
Mantequilla	0,0
Margarina	0,4
Mermelada	71,2

Melón	4,6
Miel de abejas	79,5
Pan canilla	60,2
Pollo	0,0
Pasta no enriquecida	71,9
Pulpo	0,4
Trucha arcoíris	0,0
Yogur natural de leche completa	5,7
Yogur natural de leche descremada	6,9

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición, 2001.

Entre las aplicaciones industriales del almidón, su uso en la industria alimentaria es muy diverso, con funciones como estabilizante, espesante, desmoldante, encapsulante, texturizante, etc, como puede observarse en la Fig. 2.4.



Figura 2.4 Aplicaciones industriales del almidón
Fuente: [www.mandioca.com.ve/ productos.asp](http://www.mandioca.com.ve/productos.asp)

2.5 Reacciones químicas

1 Reacción de Maillard. Esta reacción entre aminoácidos y azúcares reductores ocasiona oscurecimiento no enzimático por la producción de melanoidinas. Es una reacción compleja con tres etapas:
1. Condensación amino-azúcar, con posterior rearrreglo de Amadori;

2. Deshidratación y fragmentación del azúcar, con degradación de los aminoácidos, con rearreglo de Strecker; 3. Polimerización del aminoaldehído, con producción de color.

2 Formación de geles pécticos. Las pectinas son polímeros lineales del ácido galacturónico con grupos carboxílicos esterificados con metilos. En los ácidos pectínicos la metilación es parcial y en los ácidos pécticos no hay metoxilación. La formación de geles pécticos es aprovechada comercialmente en la formulación de mermeladas y jaleas de fruta, donde se controla la proporción pectina-azúcar-ácido.

2.6 Propiedades funcionales de los azúcares

Los azúcares son por naturaleza dulces; sin embargo, no todos tienen el mismo poder edulcorante. Utilizando como referencial a la sacarosa, con poder edulcorante 100, la D-fructosa es más dulce con un valor de 114; mientras que la D-glucosa tiene 69 y la lactosa 16, por eso son menos dulces que la sacarosa.

2.7 Propiedades funcionales de los polisacáridos

El almidón es un polisacárido muy importante en la industria de alimentos. Si bien el almidón es un homopolisacárido de glucosa, contiene dos tipos de moléculas: 1. Amilosa; 2. Amilopectina. La amilosa es lineal y en ella las moléculas de glucosa se encuentran unidas entre sí por enlaces $\alpha,1-4$. La amilopectina es una molécula ramificada donde las moléculas de glucosa se unen además por enlaces $\alpha,1-6$. Las proporciones de amilosa y amilopectina varían según el origen botánico del almidón, y con ello sus propiedades.

Gelatinización. Es el fenómeno de hinchamiento que sufren los granos de almidón, en presencia de agua y de calor. Microscópicamente, la gelatinización es la pérdida de la cruz de birrefringencia antes del hinchamiento del gránulo de almidón.

Gelificación. El almidón tiene la propiedad de formar geles porque su estructura es capaz de formar una malla tridimensional que retiene agua física y químicamente, conocida como gel.

Retrogradación. Este fenómeno ocurre por la pérdida de retención de agua. Las moléculas de almidón se compactan y liberan el agua previamente retenida en el gel. Permite explicar el endurecimiento del pan.

2.8 Efectos de los azúcares en la estabilidad bioquímica y microbiológica de los alimentos

Los azúcares disminuyen el agua disponible y aumentan la presión osmótica, por ello permiten controlar el crecimiento de los microorganismos.

2.9 Obtención de almidón

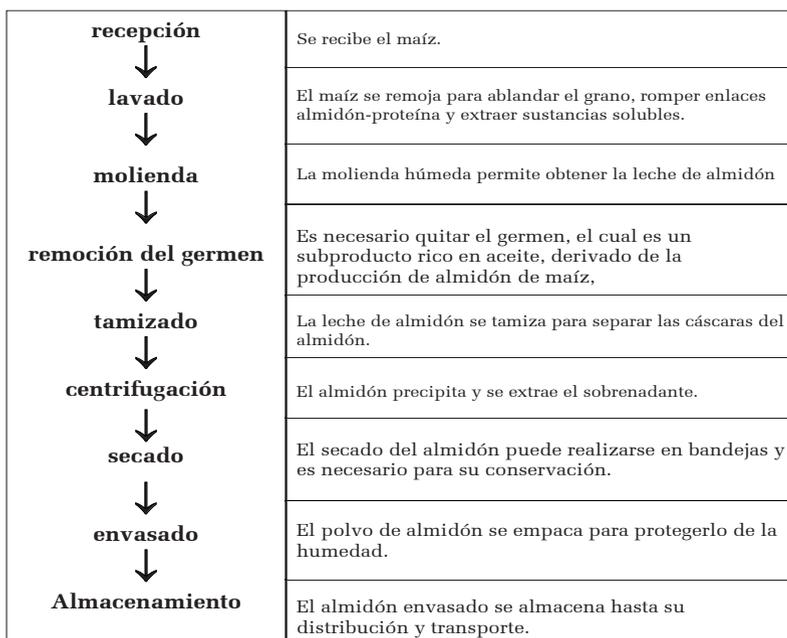


Figura 2.5 Obtención de almidón de maíz
Modificado de: Vit, 2002

Ejercicios

E 2.1 Licuar 100 g de papa y 100 g de plátano verde. Teñir con lugol el precipitado y observar al microscopio.

E 2.2 Elabore una mermelada con pectina comercial y otra sin pectina. Compare las características organolépticas.

Controversias en debate (CED)

CED 2.1

El polémico uso de azúcares en alimentos y bebidas

El consumo de carbohidratos en la dieta es controversial porque se ha asociado con la diabetes. Por ello se debate ampliamente sobre las implicaciones del uso del jarabe de maíz elevado en fructosa (HFCS, del inglés *high fructose corn syrup*) en el aumento de diabetes tipo 2 y obesidad. El problema con los carbohidratos refinados es el aumento que ocasionan en la concentración de glucosa sanguínea, lo cual requiere una mayor producción de insulina. Esto ocasiona desgaste pancreático donde se produce la insulina, y aparece la diabetes tipo 2. El metabolismo de la glucosa es diferente al metabolismo de la fructosa y por eso se realizan investigaciones para relacionar la prevalencia de diabetes con el tipo de azúcar utilizado en la industria de alimentos y bebidas.

http://www.consumaseguridad.com/web/es/sociedad_y_consumo/2004/08/11/13954.php

(Recuperado el 26.12.06)

CED 2.2

La controversia de la creatina

La suplementación con monohidrato de creatina es un método aceptado para aumentar el rendimiento atlético. Si bien la creatina se encuentra en el músculo esquelético como fosfocreatina, al aumentar sus reservas, se genera más rápidamente ATP y con ello se retrasa la fatiga y se aumenta la potencia. Posiblemente la creatina aumente el transporte de glucosa en la célula y también provee sustratos para la síntesis del glucógeno. Sin embargo, para algunas personas el consumo de creatina

ha ocasionado calambres. Quizás esto se asocia con la deshidratación y por ello se recomienda consumirla con líquidos y carbohidratos.

<http://www.geocities.com/triathlonperu/articulo8.html>

(Recuperado el 26.12.06)

Referencias

- Bello Gutiérrez J (2000) Ciencia Bromatológica. *Principios Generales de los Alimentos*. Ediciones Días de Santos SA; Madrid, España; 577 pp.
- Cheftel JC, Cheftel H (1976) *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 333 pp.
- Fennema OR (1982) *Química de los alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 1095 pp.
- Instituto Nacional de Nutrición (2001) *Tabla de Composición de Alimentos para Uso Práctico*. Publicación No. 54. Serie Cuadernos Azules; Caracas, Venezuela; 97pp.
- Vit P (2002) *Apuntes de Tecnología de Alimentos*. Ed. Fac. Farmacia ULA; Mérida, Venezuela; 214 pp.
- <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema8/8-4plastidios.htm>
- (Recuperado el 14.05.06)
- [www.mandioca.com.ve/ productos.asp](http://www.mandioca.com.ve/productos.asp)
- (Recuperado el 14.05.06)
- <http://sectic.ujaen.es/atlas/hojapino/hojapino100x2almidon.htm>
- (Recuperado el 14.05.06)
- <http://fai.unne.edu.ar/biologia/images/Gu2500asmall.jpg>
- (Recuperado el 14.05.06)

Capítulo 3

Lípidos

Fanny Quintero

Los lípidos son la fuente de reserva, estructural, biocatalizadora y transportadora de los alimentos. Es importante asimilar en este capítulo los conceptos de: origen de los lípidos, definición y clasificación (saponificables y no saponificables; grasas lácteas, ácidos láuricos, mantecas vegetales, ácidos oleicos y linoleicos, ácidos linolénicos, grasas animales, aceites de origen marino), estructura y nomenclatura (saturados y no saturados), importancia de los lípidos en los alimentos, propiedades físicoquímicas de interés en los alimentos (índices físicos: Crismer, refracción, punto de ablandamiento, punto de fusión, punto de humo, calor específico, densidad, tensión interfacial, tensión superficial, solubilidad, viscosidad; índices químicos: acidez, Polenske, saponificación, Reichert-Meissl, yodo), funciones en los organismos vivos (reserva energética, reserva de agua, estructural, biocatalizadora, biotransportadora, ecológica), propiedades funcionales en los alimentos (energética, organolépticas, emulsiones, hidrogenación, nutricional) efectos de los lípidos en la estabilidad bioquímica y microbiológica de los alimentos (rancidez hidrolítica y rancidez oxidativa, antioxidantes). El proceso de obtención de aceite vegetal y margarina permite vincular los conceptos teóricos de este capítulo con el uso cotidiano de estos valiosos alimentos. Finalmente se sugieren dos ejercicios vinculados con la comparación de la estabilidad del aceite y de la manteca, y la búsqueda de aceites minerales. Se presentan dos controversias debatibles sobre los efectos beneficiosos y adversos causados por el consumo del aceite de pescado y la preferencia de margarina o de mantequilla.

Parábola de las diez vírgenes

Las vírgenes precavidas
estaban preparadas con su aceite en espera del novio
y sus lámparas no se apagaron.
Evanglio de San Mateo 25,1-13

Contenido

- 3.1 Origen de los lípidos
- 3.2 Funciones de los lípidos en los organismos vivos
- 3.3 Definición y clasificación de los lípidos
- 3.4 Estructura y nomenclatura de los lípidos
- 3.5 Importancia de los lípidos en los alimentos
- 3.6 Propiedades físicoquímicas de los lípidos de interés en los alimentos
- 3.7 Propiedades funcionales de los lípidos en los alimentos
- 3.8 Deterioro causado por transformaciones de lípidos en los alimentos
- 3.9 Técnicas para evaluar el estado de rancidez de los lípidos
- 3.10 Antioxidantes
- 3.11 Efectos de los lípidos en la estabilidad bioquímica y microbiológica de los alimentos
- 3.12 Obtención de aceite
- 3.13 Producción de margarina
- 3.14 Comparación de mantequilla y margarina

Lípidos

3.1 Origen de los lípidos

La energía almacenada en forma de almidón por los vegetales y como glicógeno en los animales, puede almacenarse en forma más compacta como aceites o grasas, conocidas como lípidos. Los lípidos son biomoléculas orgánicas formadas por carbono, hidrógeno y oxígeno, y también pueden contener azufre y fósforo, o pueden estar asociadas con azúcares.

Las grasas y los aceites pueden ser de origen vegetal, animal o marino. Las grasas vegetales incluyen formas sólidas como manteca de cacao y líquidas como aceite de semilla de maíz, aceite de soya, aceite de semilla de algodón, aceite de cacahuete, aceite de olivo, etc. Las grasas animales incluyen la manteca de cerdo, sebo de res, y grasa de mantequilla de la leche. Los aceites de pescado comprenden aceite de hígado de bacalao, aceite de ballena, etc.

3.2 Funciones de los lípidos en los organismos vivos

1. Reserva energética: Las plantas almacenan lípidos en las semillas.

2. Reserva de agua: La combustión aerobia de los lípidos produce una gran cantidad de agua, por ello las reservas de grasa se utilizan para producir agua en estructuras especializadas como las jorobas de animales del desierto.

3. Estructural: Forman parte de las membranas celulares, según explica el modelo de bicapa lipoproteica.

4. Biocatalizadora: Diversos lípidos (hormonas esteroides, vitaminas A-D-E-K, prostaglandinas y coenzimas) facilitan reacciones metabólicas, y algunos de ellos deben ser ingeridos en la dieta porque no se sintetizan en el organismo.

5. Biotransportadora: El transporte de lípidos desde el intestino hacia su lugar de destino se realiza mediante su emulsión con ácidos biliares.

6. Ecológica: Los aceites esenciales producidos en cualquier órgano vegetal permiten funciones de defensa de invasores y atracción de polinizadores.

3.3 Definición y clasificación de los lípidos

Los lípidos son biomoléculas orgánicas formadas básicamente por carbono, hidrógeno y oxígeno. Los lípidos (aceites y grasas) son compuestos solubles en solventes orgánicos y escasamente solubles en agua, constituidos fundamentalmente por triglicéridos de ácidos grasos alifáticos de cadena lineal saturados y no saturados. Se llaman aceites y son líquidos a la temperatura ambiente, pero se llaman grasas si son sólidos. Las grasas pueden ser de origen animal o vegetal.

Existen diversas clasificaciones de los lípidos. Una de ellas reconoce dos grupos de lípidos clasificados como saponificables y no saponificables:

1. Lípidos saponificables: 1. Lípidos simples (acilgliceroles y ceras); 2. Lípidos complejos (fosfolípidos y glucolípidos).

2. Lípidos no saponificables: 1. Terpenos; 2. Esteroides; 3. Prostaglandinas.

También se reconocen dos grupos de lípidos, según su estructura simple o compleja, si contiene enlaces con otros grupos químicos. En los alimentos, los lípidos más abundantes son los lípidos simples,

conocidos como acilgliceroles, los cuales se clasifican a su vez en los siguientes subgrupos:

1. Grasas lácteas: Proviene de la leche de los rumiantes, conformada predominantemente por los ácidos grasos palmítico, oleico, esteárico y ácidos grasos de cadenas cortas (C_4 a C_{12}).

2. Ácidos láuricos: Provenientes de aceites de palmas y ácidos grasos de C_6 - C_8 - C_{10} .

3. Mantecas vegetales: Conformadas por grupos provenientes de semillas de árboles tropicales de bajo punto de fusión y gran cantidad de ácidos saturados. Como ejemplo, la manteca de cacao (*Theobroma cacao*).

4. Ácidos oleicos y linoleicos: Son aceites de origen vegetal con abundante ácido oleico (C_{18} 18:1n-9) y linoleico (C_{18} 18:2n-6), como los aceites de maíz (*Zea mays*), maní (*Arachis hypogaea*), girasol (*Helianthus annuus*), oliva (*Olea europaea*) y ajonjolí (*Sesamum indicum*).

5. Ácidos linolénicos: Son grasas donde prevalecen el ácido linolénico (C_{18} 18:3n-6). Por ejemplo los aceites de soya (*Glycine hispida*) y germen de trigo (*Fagopyrum esculentum*).

6. Grasas animales: Provenientes de animales domésticos, como la manteca y el cebo. Contienen ácidos grasos con cadenas C_{16} - C_{18} y cadenas de triacilgliceroles saturados.

7. Aceites de origen marino: Son aceites de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, ricos en vitaminas A y D, resistentes a la oxidación.

Entre los lípidos complejos, formados por la unión de un triglicérido con moléculas de otra naturaleza, resaltan dos grupos:

1. **Fosfolípidos:** Se llaman así porque son lípidos que contienen un grupo fosfato en su cabeza polar. Su carácter anfipático les permite orientarse en bicapas y en micelas mediante autoasociaciones hidrofóbicas que generan un ordenamiento de cabezas polares y de colas apolares (Ver Figura 3.1). Los fosfolípidos cumplen diversas funciones muy importantes en los seres vivos: 1. Son los lípidos más abundantes de las membranas celulares; 2. Participan como segundos mensajeros para activar enzimas; 3. Son componentes tensoactivos del surfactante pulmonar; 4. Solubilizan el colesterol en su función detergente en la bilis; 5. Permiten la síntesis de sustancias de señalización celular.

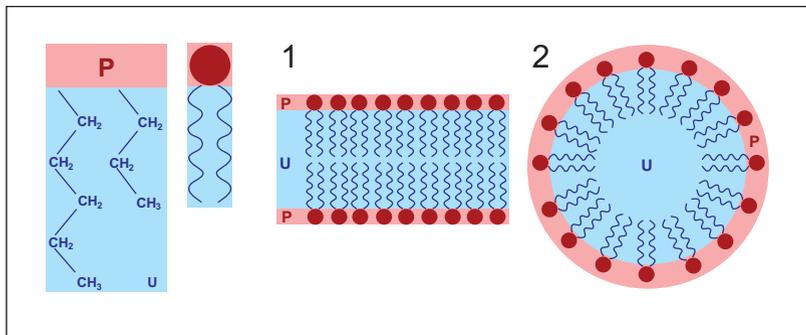


Figura 3.1 Representación de un fosfolípido con una cabeza polar y dos colas no polares: 1. Bicapa. 2. Mícela
 Fuente: www.nupedia.com

2. Glicolípidos: Se llaman así porque son lípidos que contienen un grupo glucídico, como los azúcares: 1. Fucosa; 2. Galactosa; 3. Galactosamina; 4. Glucosa; 5. Glucosamina, y sus derivados. Cuando el azúcar es la glucosa, el glicolípidos se puede llamar glucolípidos. Al igual que los fosfolípidos, los glicolípidos también tienen una cabeza polar o hidrofílica, con el enlace glucídico, y dos colas no polares o hidrofóbicas de ácidos grasos. Se reconocen dos tipos de glicolípidos: 1. Cerebrósidos o glucoesfingolípidos; 2. Gangliósidos. Sus principales funciones son: 1. Reconocimiento celular; 2. Receptores antigénicos. Estas dos funciones requieren su ubicación en la superficie externa de la membrana celular, como se ilustra en la Figura 3.2.

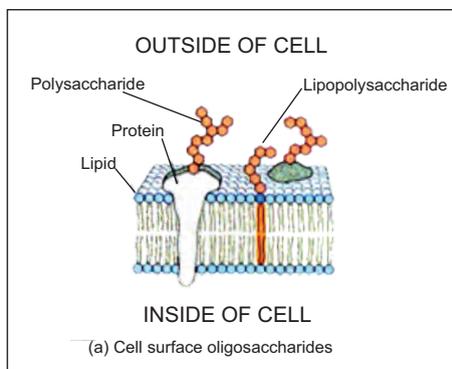


Figura 3.2 Glicolípidos de la membrana celular
 Fuente: bifi.unizar.es

3. **Esfingolípidos:** Están compuestos por un alcohol nitrogenado llamado esfingosina. Cuando la esfingosina está N-sustituída, forma una N-acil-esfingosina, conocida como ceramida (Ver Figura 3.3).

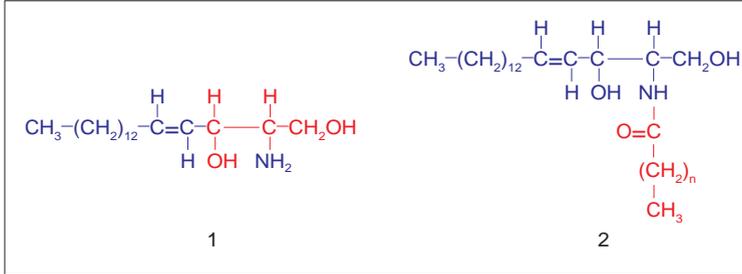


Figura 3.3 Estructura de esfingolípidos: 1. Esfingosina. 2. Ceramida
Fuente: www.ehu.es

3.4 Estructura y nomenclatura de los lípidos

Los lípidos se nombran en base a los ácidos grasos que los conforman. Según la naturaleza de la cadena hidrocarbonada, se distinguen dos grupos de ácidos grasos (Ver Fig. 3.3): 1. Saturados; 2. Insaturados.

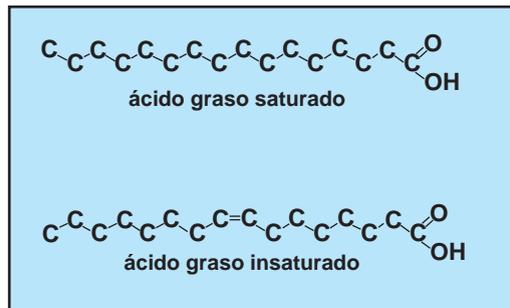


Figura 3.3 Estructura de ácidos grasos saturados e insaturados
Fuente: http://ceidis.ula.ve/cursos/nurr/bioquimica/tema_2/sesion_3/pdf/lipidos_sesion3.pdf

Las grasas son triglicéridos formados por la esterificación de tres ácidos grasos unidos a una cadena carbonada de glicerol (Ver Fig.3.4).

Los triglicéridos son saponificables porque pueden hidrolizarse en presencia de KOH. Sus propiedades dependen de la naturaleza de los ácidos grasos sustituyentes.

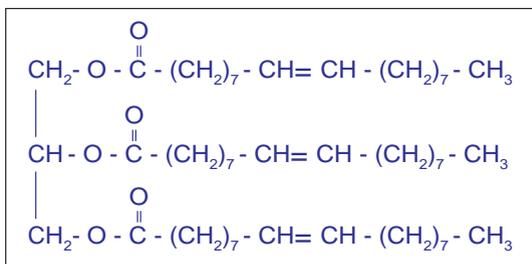


Figura 3.4 Estructura de un triglicérido

En la Tabla 3.1 se presenta la estructura de ácidos grasos saturados y no saturados, de interés en ciencia de los alimentos. Los ácidos grasos poli-insaturados (AGPI) se pueden dividir en tres grandes familias, la serie oleica (n-9), la serie linoleica (n-6) y la serie linolénica (n-3). Los nombres de cada familia representan el miembro del grupo con la cadena más corta, otros miembros de la familia se derivan de estos grupos básicos.

Tabla 3.1 Estructura de ácidos grasos contenidos en alimentos

Acido graso	Estructura	Abreviación taquigráfica ¹
SATURADOS		
Acido Butírico	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_2 \text{COOH}$	4:0
Acido Caproico	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_4 \text{COOH}$	6:0
Acido Cáprico	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_8 \text{COOH}$	10:0
Acido Láurico	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{10} \text{COOH}$	12:0
Acido Mirístico	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{12} \text{COOH}$	14:0
Acido Palmítico	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{14} \text{COOH}$	16:0
Acido Esteárico	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{16} \text{COOH}$	18:0
NO SATURADOS²		
Acido Palmitoleico	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_5 \text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7 \text{COOH}$	16:1n=7
Acido Oleico	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_7 \text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7 \text{COOH}$	18:1n-9
Acido Linoleico	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_4 \text{CH}=\text{CHCH}_2 \text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7 \text{COOH}$	18:2n-6

Acido Linolénico	$\text{CH}_3 \text{CH}_2 \text{CH}=\text{CHCH}_2 \text{CH}=\text{CH}_2 \text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7 \text{COOH}$	18:3n-3
Acido Araquidónico	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_4 \text{CH}=\text{CHCH}_2 \text{CH}=\text{CHCH}_2 \text{CH}=\text{CHCH}_2 \text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3 \text{COOH}$	20:4n-6
Acido Eicosapentaenoico	$\text{CH}_3 \text{CH}_2 \text{CH}=\text{CHCH}_2 \text{CH}=\text{CHCH}_2 \text{CH}=\text{CHCH}_2 \text{CH}=\text{CHCH}_2 \text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3 \text{COOH}$	20:5n-3
Acido Docosahexaenoico	$\text{CH}_3 \text{CH}_2 \text{CH}=\text{CHCH}_2 \text{CH}=\text{CHCH}_2 \text{CH}=\text{CHCH}_2 \text{CH}=\text{CHCH}_2 \text{CH}=\text{CHCH}_2 \text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2 \text{COOH}$	22:6n-3

1 Número de átomos de carbono (C): número de dobles enlaces y posición del primer doble enlace, contado a partir del grupo metilo (CH_3) terminal, en el ácido graso.
2 Líquido a temperatura ambiente.

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB492S/AB492S02.htm>

3.5 Importancia de los lípidos en los alimentos

Son los principales componentes del tejido adiposo y junto con las proteínas y los carbohidratos, constituyen el mayor componente estructural de las células vivientes. Los lípidos presentes en los alimentos tienen propiedades físicas y químicas propias y aportan a la dieta calorías y ácidos grasos esenciales. También son transportadores de vitaminas. En la Tabla 3.2 se compara el contenido de grasas de algunos alimentos y bebidas de uso frecuente:

Tabla 3.2 Contenido de grasas en alimentos y bebidas

Alimento	Grasa (g grasa / 100 g alimento)
Aceite	100,0
Aguacate	14,0
Almendra	54,1
Atún natural enlatado	0,4
Azúcar	0,0
Caraotas negras cocidas	0,5
Cerveza	0,0
Coco maduro	27,2
Costilla de cerdo	25,4
Cotufa	5,6

Chipi chipi	0,8
Harina precocida de maíz	1,1
Huevo de gallina	11,1
Leche cruda	3,4
Leche en polvo	26,7
Lechuga	0,2
Lomito de res	1,8
Malta	0,0
Mantequilla	81,0
Margarina	81,0
Mermelada	0,3
Melón	0,2
Miel de abejas	0,0
Pulpo	0,6
Trucha arcoíris	2,7
Yogur natural de leche entera	3,8
Yogur natural de leche descremada	0,6

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición, 2001.

En la Tabla de Composición de Alimentos para Uso Práctico, del Instituto Nacional de Nutrición, sólo se reporta el contenido de grasas de los alimentos; sin embargo, sería correcto diferenciar aceites y grasas del contenido de lípidos en los alimentos, como se ha explicado en los capítulos anteriores.

3.6 Propiedades físicoquímicas de los lípidos de interés en los alimentos

Las propiedades físicoquímicas de los lípidos se miden con índices:

Índices Físicos

1. Calor específico: Es la cantidad de calor absorbida por 1 g grasa para aumentar su temperatura en 1 °C.

2. **Densidad:** Es la relación entre la masa de un lípido y el volumen que ocupa, se expresa en unidades g/L. La densidad aumenta con el peso molecular de los ácidos grasos y disminuye con las insaturaciones.

3. **Índice de Crismer:** Se mide disolviendo 1g grasa en 1 mL de etanol 98°, en caliente. Este índice mide la temperatura a la cual se enturbia esta solución al enfriarse.

4. **Índice de refracción:** Es la relación que existe entre el seno del ángulo de incidencia de la luz y el seno del ángulo de refracción. Aumenta con el número de dobles enlaces.

5. **Punto de ablandamiento:** Es la temperatura a la cual las grasa pasan de sólido a untable.

6. **Punto de fusión:** Es la temperatura a la cual el sólido se funde y pasa al estado líquido. Los lípidos más insaturados presentan menor punto de fusión. Aumenta con el peso molecular de los ácidos grasos y disminuye con las insaturaciones.

7. **Punto de humo:** Es la temperatura a la cual los lípidos se carbonizan y emiten vapor.

8. **Solubilidad:** Es inversamente proporcional a la longitud de la cadena carbonada de los ácidos grasos; es decir, los de cadena corta son los ácidos grasos más solubles.

9. **Temperatura crítica de disolución:** Es la temperatura a la cual aparece la primera turbidez al enfriar una grasa fundida.

10. **Tensión superficial:** Hay menor tensión superficial cuando aumenta la temperatura.

11. **Tensión interfacial:** Es una propiedad requerida para preparar emulsiones.

12. **Viscosidad:** Disminuye con la temperatura y con las insaturaciones.

Índices Químicos

1. **Índice de acidez:** Indica el contenido de ácidos grasos liberados en el aceite debido al comienzo de su enranciamiento. Se mide con el volumen gastado de una solución de NaOH 0.05 N, requerida para neutralizar 10 mL de aceite, utilizando una solución etanólica de fenoltaleína como indicador.

2. **Índice de Polenske:** Indica el contenido de ácidos grasos volátiles insolubles. Se mide por el volumen gastado de NaOH 0,1 N, utilizando una solución etanólica de fenoltaleína como indicador.

3. **Índice de Reichert-Meissl:** Indica el contenido de ácidos grasos volátiles solubles en agua. Se mide por el volumen gastado de NaOH 0,1 N, utilizando una solución etanólica de fenolftaleína como indicador.

4. **Índice de saponificación:** Para medir este índice, es necesario saponificar los ácidos grasos con KOH 0,5 N en etanol, en caliente. El KOH que no Reacciona se titula con HCl 0,5 N.

5. **Índice de yodo:** Indica el estado de saturación de los ácidos grasos. Se determina por yodometría mediante la oxidación del yoduro a yodo libre, en una titulación con tiosulfato de sodio.

3.7 Propiedades funcionales de los lípidos en los alimentos

1. **Fuente energética:** El contenido calórico de los lípidos es de 9,4 kcal/g y a diferencia de los carbohidratos, pueden metabolizarse con oxígeno para liberar calor.

2. **Organolépticas:** Confieren suavidad a las texturas, mejoran la palatabilidad de los alimentos, fijan colores y aromas.

3. **Emulsiones:** Participan en la formación de emulsiones aceite en agua (O/W del inglés *oil in water*) y aceite en aceite.

4. **Hidrogenación:** La margarina se obtiene hidrogenando aceite vegetal, lo cual permite la transformación del aceite en un sólido que se puede untar.

5. **Nutricional:** Aportan ácidos grasos esenciales y participan en el transporte de vitaminas liposolubles.

3.8 Deterioro causado por transformaciones de los lípidos en los alimentos

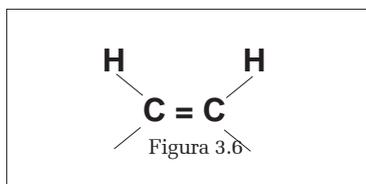
Los lípidos contenidos en los alimentos pueden sufrir transformaciones que alteran sus características organolépticas, funcionales y nutricionales. Las reacciones de deterioro que pueden ocurrir en el componente lipídico de los alimentos se han clasificado en seis tipos: 1. Rancidez hidrolítica o lipólisis; 2. Rancidez oxidativa o autooxidación; 3. Oxidación enzimática, causada por enzimas lipoxigenasas; 4. Rancidez cetónica; 5. Reversión del flavor en los

aceites comestibles; 6. Polimerizaciones provocadas por el calor. A continuación se define cada una de ellas:

1. Rancidez hidrolítica (lipólisis): Consiste en el desdoblamiento de los enlaces ésteres característicos de los triacilglicéridos, entre los hidroxilos del glicerol y los carboxilos de los ácidos grasos. Es un fenómeno reversible que se produce por los ácidos, las temperaturas elevadas, o las enzimas lipasas y las fosfolipasas, en presencia de humedad. De esta manera los triglicéridos se hidrolizan, liberando los ácidos grasos y el glicerol que conforman su estructura.

2. Rancidez oxidativa (autooxidación): Es un fenómeno espontáneo de oxidación de los lípidos contenidos en los alimentos cuando entran en contacto con el oxígeno del aire. Casi todas las grasas y los aceites comestibles que contienen ácidos grasos insaturados, sufren este tipo de reacción. La oxidación genera productos de mal olor por el desdoblamiento de ácidos grasos insaturados, incluyendo compuestos como aldehídos, cetonas y ácidos grasos de cadena más corta, los cuales son más volátiles. La autooxidación de los lípidos se desarrolla a través de reacciones en cadena con formación de radicales libres, pasando por tres etapas fundamentales: 1. Iniciación, cuando se producen los radicales libres mediante el consumo de energía; 2. Propagación, es una cadena de reacciones para formar peróxidos e hidroperóxidos; 3. Terminación, cuando los radicales peroxilos reaccionan unos con otros para anularse entre sí y originar productos no radicales al final de la reacción. Es una de las principales causas de deterioro de los alimentos, y ocasiona la aparición de olores y sabores desagradables; también se le conoce como enranciamiento oxidativo. Este tipo de oxidación conduce a la disminución de la calidad nutritiva de los lípidos contenidos en los alimentos, e inclusive puede conferir toxicidad. Este tipo de deterioro se puede prevenir mediante la adición de antioxidantes químicos como el butil hidroxianisol (BHA), el butil hidroxitolueno (BHT) y el galato de propilo (GP).

3. Oxidación enzimática (por enzimas lipoxigenasas): Las enzimas lipoxigenasas que tienen actividad pro-oxidante sobre algunos ácidos grasos, son llamadas también lipoxidasas; en su estructura tienen un átomo de hierro no hemínico. Las lipoxigenasas catalizan de un modo específico la oxidación de los sistemas 1,4 pentadieno cis, que existen en los ácidos linoleico, linolénico y araquidónico (Ver Tabla 3.1 y Figura 3.6).



Doble enlace cis de los ácidos linoleico, linolénico y araquidónico

4. Rancidez cetónica: Se produce como consecuencia de la oxidación enzimática de los ácidos grasos saturados de bajo peso molecular, dando lugar a la formación de metilcetonas, lo cual altera las propiedades sensoriales.

5. Reversión del flavor en los aceites comestibles: Se ha definido como la aparición de sabores recusables que aparecen como consecuencia de un proceso de oxidación menos intenso al que se necesita para desarrollar un verdadero enranciamiento. Aparece en los aceites que han sido sometidos a la acción de temperaturas elevadas, como ocurre en las frituras y en los horneados, o bien en aceites almacenados sin tapar y en ambientes húmedos.

6. Polimerizaciones provocadas por el calor: Cuando los lípidos de los alimentos se someten a tratamientos térmicos elevados pueden experimentar profundos cambios, entre ellos la formación de compuestos poliméricos originando un aumento en la viscosidad del aceite y formando espumas en las frituras. Estos conglomerados deterioran las propiedades funcionales de los aceites, por ello debe prevenirse su formación evitando someterlos a temperaturas elevadas por encima del calor requerido en las frituras (70°C).

3.9 Técnicas para evaluar el grado de rancidez de los lípidos

Índice de peróxidos: Los peróxidos son los productos iniciales mayoritarios de la oxidación y se pueden medir por técnicas yodométricas, expresándolos en meq O₂ /kg grasa. Se conoce como yodometría a la oxidación del yoduro por los peróxidos del aceite, a

yodo, la cual se titula con tiosulfato de sodio, utilizando una solución de almidón como indicador.

Prueba del ácido tiobarbitúrico (TBA): Los productos de oxidación de los sistemas insaturados reaccionan con el TBA dando una reacción coloreada, debido a la condensación de dos moléculas de ácido tiobarbitúrico con una molécula de malondialdehído. El color es amarillo en los alcanales y alquenales, y rojo en los dienales. La reacción con el TBA sólo se produce en ácidos grasos que contengan tres o más dobles enlaces.

Test de Kreiss: Es una prueba cualitativa que consiste en medir el color rojo obtenido al reaccionar el epihidrialdehído y otros productos de oxidación con la solución ácida de fluroglucinol.

Índice de yodo: Se utiliza para evaluar lípidos insaturados y se expresa en función del porcentaje de yodo absorbido por un gramo de grasa. Se determina por el método de Hanus, que se fundamenta en disolver la grasa con un solvente orgánico como el cloroformo, agregando los oxidantes bromato y bromuro de potasio en medio ácido. Se añade el yoduro de potasio para la liberación del yodo por el oxidante, titulando el yodo excedente con tiosulfato de sodio, utilizando una solución de almidón como indicador.

Fluorescencia: La fluorescencia se produce a partir de la reacción de los carbonilos liberados por la oxidación lipídica, con compuestos celulares que poseen grupos amino libres. Esta reacción se mide con un equipo llamado fluorómetro.

3.10 Antioxidantes

Los antioxidantes son sustancias que impiden o retrasan la oxidación de los lípidos. Los más utilizados en la industria alimentaria se clasifican en sintéticos y naturales: 1. Entre los antioxidantes sintéticos se encuentran: El butil hidroxil tolueno (BHT), el butil hidroxil anisol (BHA) y el galato de propilo (GP); 2. Entre los antioxidantes naturales pueden mencionarse: Vitamina E (vit E), flavonoides.

Mecanismos de acción: Una sustancia retarda las reacciones de oxidación cuando inhibe la formación de radicales libres en la etapa de iniciación o cuando interrumpe la propagación de la cadena de radicales libres. La eficacia de un antioxidante está relacionada con

varios factores: 1. Energía de activación; 2. Constante de velocidad; 3. Potencial de óxido reducción; 4. Facilidad de pérdida del antioxidante; 5. Solubilidad.

La energía de activación aumenta con las energías de disociación de los enlaces A-H y R-H, y por lo tanto la eficacia del antioxidante aumenta al disminuir la fuerza del enlace A-H. La potencia química del antioxidante también influye en su eficacia, en su solubilidad y en su volatilidad. A su vez, la solubilidad influye en la facilidad de acceso a los radicales peróxido y su volatilidad en su permanencia durante el almacenamiento o calentamiento.

De acuerdo con sus mecanismo de acción se pueden distinguir tres grupos de sustancias antioxidantes: 1. Los que tienen la capacidad de impedir la formación de radicales libres; 2. Los que ejercen una acción preventiva de la oxidación; 3. Los que tienen una capacidad destructiva sobre los hidroperóxidos.

Selección de un antioxidante: A causa de las diferencias existentes en sus estructuras moleculares, los distintos antioxidantes manifiestan diferencias sustanciales en su eficacia, cuando se utilizan con diferentes tipos de aceites. A fin escoger los antioxidantes para una aplicación particular, además de su potencia, deben tomarse en cuenta otros factores como: 1. Facilidad de incorporación al alimento; 2. Sensibilidad al pH; 3. Tendencia a producir alteraciones de color y de olor; 4. Disponibilidad comercial; 5. Costo económico.

Actividad antioxidante: La capacidad antioxidante se mide con diferentes métodos, entre los cuales el reactivo Trolox es muy utilizado en análisis de alimentos, además de la actividad antioxidante total (AAT) y la inhibición de la formación de radicales hidroxilo (OH^\cdot).

3.11 Efectos de los lípidos en la estabilidad bioquímica de alimentos

Como se mencionó en la sección anterior, los lípidos sufren cambios, en su mayor parte oxidativos, que ocasionan el desarrollo de olores y sabores anormales, trayendo como consecuencia el deterioro en su valor nutritivo, en la estabilidad de su calidad sensorial, en su aceptabilidad y en su seguridad. Estas alteraciones pueden prevenirse

con el uso de antioxidantes y los empaques al vacío. Por este motivo, las grasas y los aceites que se utilizan como para conservar queso, ajo, tomates, pimientos, carnes y pescados, también pueden oxidarse y requieren de tratamientos antioxidantes.

3.12 Comparación de mantequilla y margarina

Para diferenciar una mantequilla de una margarina, se realizan dos análisis físico-químicos de control de calidad: 1. Índice de refracción; 2. Punto de fusión. En la Tabla 3.4 se presentan los rangos de las constantes físicas características recién mencionadas, las cuales permiten diferenciar una margarina de una mantequilla.

Tabla 3.4 Comparación de los índice de refracción, puntos de fusión y temperaturas críticas de disolución de margarina y mantequilla

	Margarina	Mantequilla
Índice de refracción (I.R.)	1.4020 - 1.4022	1.4528 - 1.4558
Punto de fusión (°C)	39 - 46	24 - 40

3.13 Obtención de margarina

El aceite vegetal puede ser modificado mediante la hidrogenación para obtener un producto de consistencia para untar, conocido como margarina, la cual es una emulsión de agua en aceite, similar a la mantequilla pero de origen vegetal. A continuación, las operaciones para elaborar margarina:

1. Dosificación de los ingredientes;
2. Mezclado y bombeado a alta presión;
3. Emulsión;
4. Cristalización preliminar;
5. Modificación de la estructura;
6. Cristalización final;
7. Forma y empaque.

3.14 Obtención de aceite

El aceite se obtiene a partir de materias vegetales como semillas y pulpa de frutos ricos en lípidos, como se ilustra en la Figura 3.7.

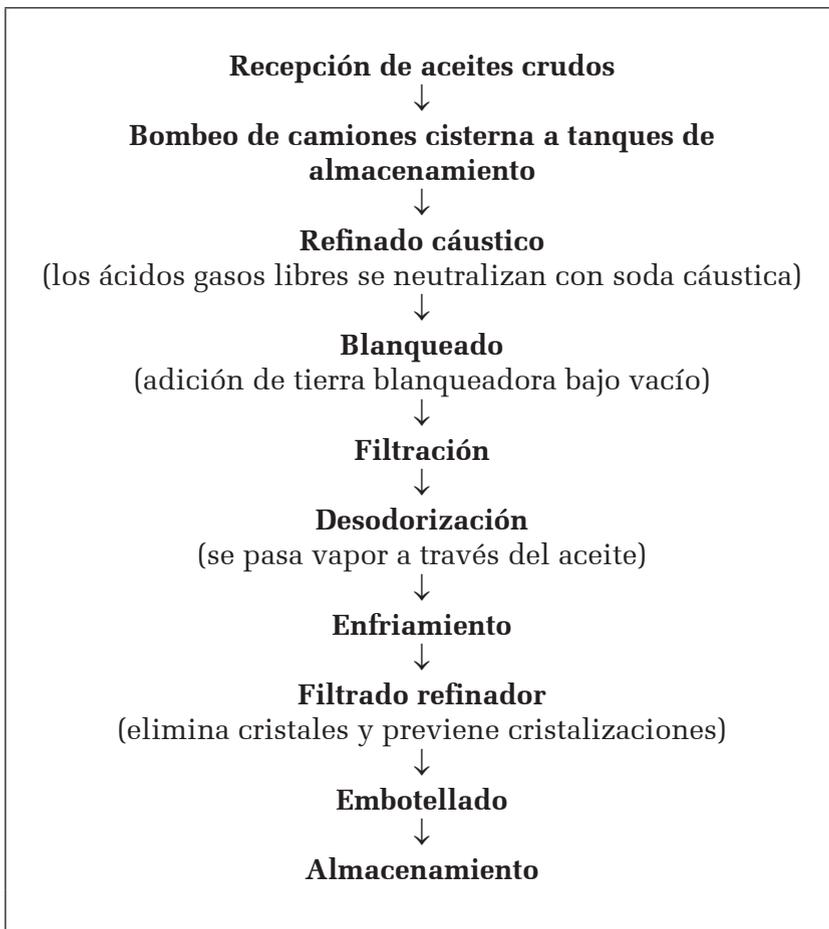


Figura 3.7 Diagrama de flujo para elaborar aceite vegetal refinado
Tomado de: Bartholomai, 1991

Ejercicios

E 3.1 ¿Qué se enrancia más rápido, el aceite vegetal o la manteca, y por qué?

E 3.2 Busque ejemplos de aceites minerales.

Controversias en debate (CED)

CED 3.1

Consumir aceite de pescado es beneficioso para la salud

Este es un tema de debate porque se le atribuyen simultáneamente efectos beneficiosos y efectos adversos, los cuales deben entenderse para definir una posición personalizada.

Entre los efectos beneficiosos resaltan: 1. Reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares. 2. Mejora el estado de ánimo porque reduce la agresividad y la depresión. 3. Disminuye el riesgo de padecer la enfermedad de Alzheimer. 4. Mejora la memoria y la función cerebral. 5. Reduce las alergias. 6. Reduce los síntomas de artritis reumatoidea. 7. Mejora la visión. 8. Mejora el síndrome premenstrual. 9. Mejora la piel y el cabello. 10. Mejora el desarrollo del cerebro embrionario. 11. Disminuye el riesgo de cáncer.

Entre los efectos adversos pueden mencionarse: 1. Incrementa el tiempo de coagulación sanguínea. 2. Forma productos oxidativos perjudiciales. 3. Suprime la respuesta inmunológica y disminuye la resistencia a las infecciones. 4. Incrementa la susceptibilidad a bacterias.

CED 3.2

¿Es más saludable consumir margarina que consumir mantequilla?

Si bien los profesionales recomiendan el consumo de margarina en lugar de la mantequilla, en dietas bajas en grasas saturadas, para proteger el corazón. Sin embargo, el debate entre ambas grasas para untar es válido, cuando se trata de proteger la salud. La margarina se elabora con aceites vegetales, por lo tanto no contiene colesterol, y también es más rica que la mantequilla en grasas poliinsaturadas o monoinsaturadas, conocidas como “grasas buenas”. Estas grasas permiten disminuir la concentración de lipoproteínas de baja densidad (LDL del inglés *low density lipoproteins*). Por otro lado, la mantequilla proviene de grasa animal, por lo cual contiene colesterol y grasa saturada. Sin embargo, no todas las margarinas se producen de igual manera. La mayoría de las margarinas se obtienen por hidrogenación, el cual incorpora grasas del tipo *trans*, las cuales no son saludables. En general, mientras más compacta es la margarina, contiene más ácidos grasos *trans*, los cuales aumentan el colesterol sanguíneo y el riesgo de enfermedades

cardiovasculares. Además estos ácidos grasos *trans* pueden disminuir los niveles del “colesterol bueno” y de las lipoproteínas de alta densidad (HDL del inglés *high density lipoproteins*). Cuando se prefiere utilizar margarina, es importante seleccionar los tipos con menos de 3 g ácidos grasos saturados más ácidos grasos *trans*. También existen en el mercado productos para untar que contienen fitoesteroles naturales de origen vegetal, que pueden ayudar a reducir las LDL en un 6-15% cuando se consumen en las cantidades recomendadas.

<http://www.mayoclinic.com/health/butter-vs-margarine/AN00835>

(Recuperado el 15.03.07)

Referencias

- Bello Gutiérrez J (2000) Ciencia Bromatológica. *Principios Generales de los Alimentos*. Ediciones Días de Santos SA; Madrid, España; 577 pp.
- Cheftel JC, Cheftel H (1976) *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 333 pp.
- Fennema OR (1982) *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 1095 pp.
- Horst-Dieter Tscheuschner (ed.) 2001. *Fundamentos de Tecnología de los Alimentos*. Editorial Acribia S.A.; Zaragoza, España; 746 pp.
- Instituto Nacional de Nutrición (2001) *Tabla de Composición de Alimentos para Uso Práctico*. Publicación No. 54. Serie Cuadernos Azules; Caracas, Venezuela; 97pp.
- Potter NN (1978) *La Ciencia de los Alimentos*. Harla; México D.F., México; 749 pp.
- <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB492S/AB492S02.htm> (recuperado el 17.05.06).
- http://ceidis.ula.ve/cursos/nurr/bioquimica/tema_2/sesion_3/pdf/lipidos_sesion3.pdf (recuperado el 18.05.06).
- http://www.nupedia.com/newsystem/upload_file/830/structure.png (recuperado el 31.05.06).
- <http://www.ehu.es/biomoleculas/LIP/LIPID34b.htm> (recuperado el 31.05.06).

- <http://bifi.unizar.es/jsancho/estructuramacromoleculas/16polisacaridos/polisacaridos/glicoconjugados/glicolipido.gif> (recuperado el 31.05.06).

Capítulo 4

Proteínas

Patricia Vit / Willian Materano

Las proteínas son la fuente estructural y biocatalizadora de los alimentos. Es importante asimilar en este capítulo los conceptos de: origen de las proteínas (animal, vegetal, no convencional), definición y clasificación (homoproteínas, heteroproteínas, simples, complejas), aminoácidos (configuración, clasificación en: apolares alifáticos y aromáticos, polares sin carga, polares con carga ácidos y básicos, enlace peptídico, estructuras (primaria, secundaria, terciaria, cuaternaria), importancia de las proteínas en los alimentos, propiedades físicoquímicas de interés en los alimentos (punto isoeléctrico, tensión superficial, solubilidad, viscosidad), funciones en los organismos vivos (contráctil, defensiva, energética, enzimática, homeostática, hormonal, reguladora, de reserva, de transporte), propiedades funcionales en los alimentos (nutricionales, organolépticas, hidratación, emulsificación, espumado, elasticidad térmica, interacciones con otros ingredientes, solubilidad, viscosidad). El proceso de obtención del gluten y del queso permite vincular los conceptos teóricos de este capítulo con el uso cotidiano de estos valiosos alimentos.

Finalmente se sugieren dos ejercicios vinculados con la comparación de proteínas extraídas de harinas comerciales y el efecto de otros ingredientes en la leche pasteurizada. Se presentan dos controversias debatibles sobre las dietas hiperproteicas y la nixtamalización del maíz.

En las ofrendas de paz, la carne se dividía entre el sacerdote,
quien tomaba el pecho y el muslo derecho,
y la familia del adorador, quienes se quedaban con el resto.
Así que para el sacerdote las ofrendas de paz
eran una fuente principal de proteínas para su dieta.

Levítico (7:28–34)

Contenido

- 4.1 Origen de las proteínas
- 4.2 Funciones de las proteínas en los organismos vivos
- 4.3 Definición de proteínas
- 4.4 Los aminoácidos
- 4.5 Clasificación de los aminoácidos
- 4.6 Propiedades de los aminoácidos
- 4.7 El enlace peptídico
- 4.8 Estructura tridimensional de las proteínas
- 4.9 Clasificación de las proteínas
- 4.10 Importancia de las proteínas en los alimentos
- 4.11 Propiedades físicoquímicas de las proteínas
- 4.12 Desnaturalización y renaturalización proteica
- 4.13 Propiedades funcionales de las proteínas en los alimentos
- 4.14 Grupos de proteínas consumidas como alimento
- 4.15 Obtención de gluten
- 4.16 Elaboración de queso fresco

Proteínas

4.1 Origen de las proteínas

El origen deriva del dios griego Proteus, quien se transformaba en muchas formas para confundir a los enemigos, así como las múltiples formas y funciones que tienen las proteínas. Su nombre deriva del griego $\pi\rho\omega\tau\omicron\varsigma$, que significa ser el primero, y se asignó por considerarse la sustancia orgánica más importante; sin embargo, hoy no se puede hacer tal afirmación porque para una alimentación balanceada todos los nutrientes (carbohidratos, lípidos, minerales, vitaminas) son requeridos, junto con el agua.

Las plantas y los animales sintetizan proteínas para realizar sus funciones vitales. Entre las proteínas de origen animal se reconocen las de origen lácteo, cárnico y marino. Las proteínas vegetales más consumidas son las contenidas en los cereales y las leguminosas. Un tercer grupo de proteínas se conocen como no convencionales porque proceden de organismos unicelulares, follajes, lombrices, etc.

Cada especie viviente sintetiza sus propias proteínas, las cuales se conservan evolutivamente y tienen alta especificidad.

4.2 Funciones de las proteínas en los organismos vivos

Al igual que los carbohidratos y los lípidos, las proteínas cumplen numerosas funciones en los seres vivos, y pueden combinarse con esas dos macromoléculas para formar glicoproteínas y lipoproteínas, lo cual permite aumentar la diversidad y versatilidad de funciones.

A continuación se enumeran diversas funciones de las proteínas muy familiares en la vida cotidiana, como la contracción muscular y la respuesta inmune, y que son ejecutadas por moléculas de naturaleza proteica.

1. Función contráctil: La actina y la miosina de los músculos, son las proteínas que permiten la contracción y relajación muscular. La dineína está asociada con el movimiento de cilios y flagelos.

2. Función defensiva: Los anticuerpos son proteínas que realizan funciones de defensa del organismo contra sustancias extrañas. La trombina y el fibrinógeno contribuyen a la formación de coágulos sanguíneos para evitar hemorragias. Las mucinas protegen las mucosas porque tienen efecto germicida.

3. Función enzimática: Las proteínas con función enzimática son las más numerosas y especializadas. Actúan como biocatalizadores de las reacciones químicas del metabolismo celular.

4. Función estructural o plástica: Las proteínas confieren rigidez, consistencia y elasticidad en diferentes tejidos; por ejemplo, el colágeno de los tendones, la queratina del cabello y la caseína de la leche.

5. Función homeostática: Las proteínas actúan con otros sistemas amortiguadores para mantener el pH y el equilibrio osmótico.

6. Función hormonal: Algunas hormonas como la insulina, son proteínas que ejercen funciones específicas sobre algún órgano.

7. Función reguladora: Algunas proteínas regulan la expresión de ciertos genes y otras regulan las divisiones celulares.

8. Función de reserva: La ovoalbúmina de la clara de huevo, la gliadina del trigo y la hordeína de la cebada, constituyen la reserva de aminoácidos para el desarrollo del embrión durante la germinación de las semillas.

9. Función de transporte: Los gases O_2 y CO_2 que circulan en la sangre, son transportados por las proteínas hemoglobina y la hemocianina. Los citocromos transportan electrones. Las lipoproteínas transportan lípidos.

4.3 Definición de proteínas

Las proteínas son biomoléculas orgánicas formadas por carbono, hidrógeno y oxígeno, y también pueden contener azufre, hierro, cobre. A su vez, las proteínas son biopolímeros, formados por aminoácidos. Algunos aminoácidos son esenciales y deben consumirse con la dieta porque no pueden ser sintetizados por los animales. Los humanos necesitan nueve aminoácidos esenciales: 1. Fenilalanina; 2. Isoleucina; 3. Leucina; 4. Lisina; 5. Metionina; 6. Treonina; 7. Triptófano; 8. Valina; 9. Histidina (es esencial sólo durante el crecimiento, no es esencial en el adulto).

Las proteínas simples sólo contienen aminoácidos y también se conocen como homoproteínas. Las proteínas conjugadas contienen algún otro grupo no proteínico, conocido como grupo prostético y también se conocen como heteroproteínas.

4.4 Los aminoácidos

Para entender la estructura de las proteínas, es necesario comprender la estructura de sus unidades monoméricas, los aminoácidos. Como su nombre lo indica, estas moléculas, contienen al menos un grupo amino y un grupo carboxilo, como se muestra en la Figura 4.1. En los otros dos enlaces del carbono anomérico $C\alpha$, se encuentra un hidrógeno y el sustituyente de la cadena lateral R. Cuando $R = H$, se tiene el aminoácido más pequeño, que es la glicina.

La fórmula general de un aminoácido es:

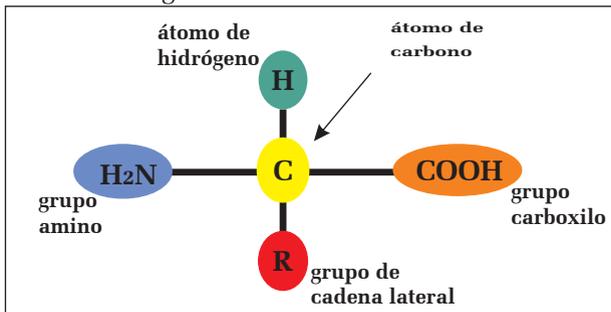


Figura 4.1 Estructura de un aminoácido

Fuente: www.um.es/molecula/prot.htm

Configuraciones: Los aminoácidos pueden tener configuración D- o L-, según la posición del grupo amino a la derecha o a la izquierda del C α , cuando se mira desde el vértice con el -COOH, en posición opuesta a -R (Ver Figura 4.2).

La configuración L es característica de las proteínas.

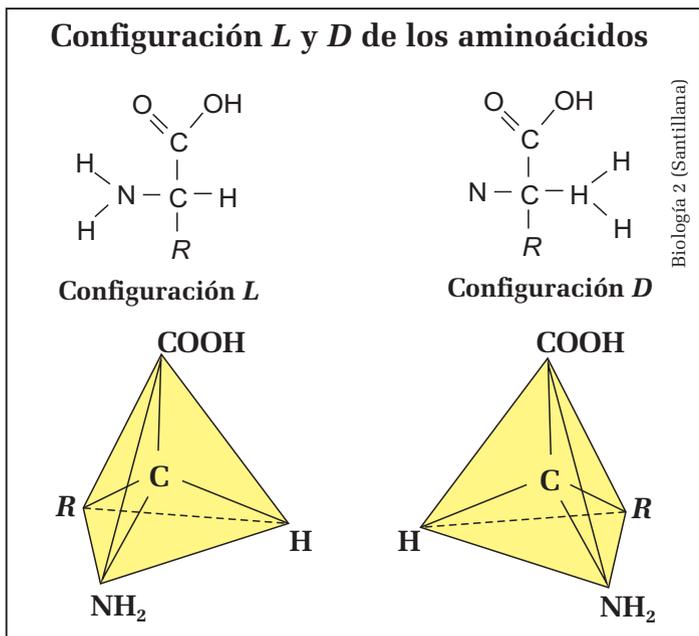


Figura 4.2 Configuración L- y D- aminoácido
 Fuente: www.um.es/molecula/prot.htm

4.5 Clasificación de los aminoácidos

En la naturaleza existen unos 80 aminoácidos diferentes, pero sólo 20 participan en estructuras proteicas. Estos aminoácidos se clasifican según la polaridad y la carga de la cadena lateral R, pero también podrían clasificarse por su volumen y tamaño. La clasificación basada en la polaridad es práctica para asignar funciones dentro de la secuencia primaria, complementadas con la carga. Según estos criterios, hay aminoácidos polares y apolares, clasificados en cinco subgrupos:

1. Apolares.

1.1 Apolares alifáticos: R es una cadena alifática hidrofóbica.

1.2 Apolares aromáticos: R es un anillo aromático hidrofóbico.

2. Polares.

2.1 Polares sin carga: R puede formar puentes de hidrógeno con otros grupos (hidroxilados, azufrados y cíclicos).

2.2 Polares con carga ácida: R contiene grupos carboxilo aniónicos (forma ácida y sus amidas polares sin carga).

2.3 Polares con carga básica: R contiene grupos amino catiónicos.

En la Tabla 4.1 se ilustran los aminoácidos apolares y polares, con los cinco subgrupos:

1. Apolares alifáticos (glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina).

2. Apolares aromáticos (fenilalanina, tirosina, triptófano).

3. Polares sin carga (serina, treonina, cisteína, prolina, metionina).

En este grupo, la serina y la treonina son aminoácidos hidroxilados, la cisteína y la metionina son aminoácidos azufrados, y la prolina es un aminoácido cíclico.

4. Polares con carga ácida (ácido aspártico, ácido glutámico).

En este grupo algunos autores incluyen las amidas (asparragina y glutamina), pero otros las reubican en el grupo 3, de aminoácidos polares sin carga.

5. Polares con carga básica (histidina, lisina, arginina). Todos los

aminoácidos tienen nombres que se abrevian con tres letras o con una letra mayúscula.

Tabla 4.1
Clasificación de los aminoácidos en cinco subgrupos

apolares		polares		
alifáticos	aromáticos	sin carga	con	carga
			ácidos	básicos
$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$ <p>glicina gly G</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{HC} \quad \text{CH} \\ \quad \\ \text{HC} \quad \text{CH} \\ \quad \\ \text{H} \end{array}$ <p>fenilalanina phe F</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ <p>serina ser S</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ // \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{O}^- \end{array}$ <p>ácido aspártico asp D</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{N}^+\text{H}_3 \end{array}$ <p>lisina lys K</p>
$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>alanina ala A</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{CH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{HC} \quad \text{CH} \\ \quad \\ \text{HC} \quad \text{CH} \\ \quad \\ \text{C} \quad \text{OH} \end{array}$ <p>tirosina tyr Y</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH} \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{OH} \end{array}$ <p>treonina thr T</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ // \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{O}^- \end{array}$ <p>ácido glutámico glu E</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{CH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C}=\text{N}^+\text{H}_2 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>arginina arg R</p>
$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$ <p>valina val V</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{HC} \quad \text{C} \\ / \quad \backslash \quad / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{C} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ <p>triptófano trp W</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array}$ <p>cisteína cys C</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ // \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \end{array}$ <p>asparragina asn N</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}^+\text{N} \quad \text{NH} \\ \quad \\ \text{H} \end{array}$ <p>histidina his H</p>
$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$ <p>leucina leu L</p>		$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_2^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H}_2 \end{array}$ <p>prolina pro P</p>	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ // \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \end{array}$ <p>glutamina gln Q</p>	
$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Isoleucina Ile I</p>		$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_2^+\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>metionina met M</p>		

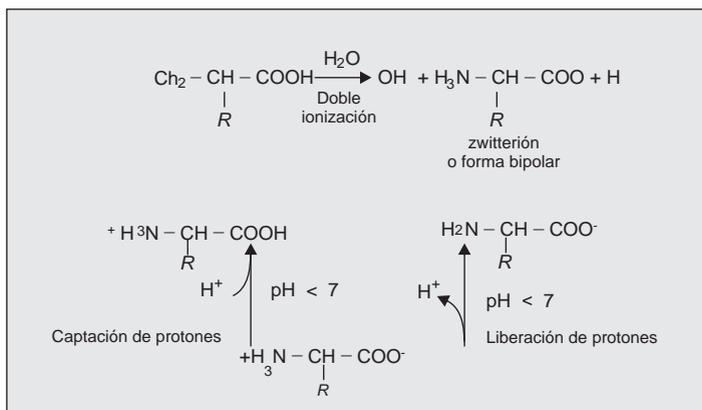
Estructuras de: www.biorom.uma.es

4.6 Propiedades de los aminoácidos

Los aminoácidos son compuestos sólidos, hidrosolubles, incoloros, forman cristales, tienen elevado punto de fusión ($> 200^{\circ}\text{C}$), presentan actividad óptica y comportamiento anfótero o anfotérico.

1. Actividad óptica: Es la capacidad de desviar la dirección de un haz de luz polarizada. Las soluciones de aminoácidos tienen esta actividad conferida por la asimetría del $\text{C}\alpha$, lo cual permite clasificarlos en aminoácidos dextrógiros si desvían la luz a la derecha (+) y levógiros si desvían la luz a la izquierda (-).

2. Comportamiento anfotérico: En disolución acuosa, los aminoácidos pueden ionizarse como un ácido (cuando el pH es básico), como una base cuando el (pH es ácido) y como ácido y base a la vez (cuando el pH es neutro). Este último caso de un aminoácido con estado dipolar iónico se conoce como zwitterión.



3. Solubilidad: El grupo R de los aminoácidos confiere propiedades características tanto a los aminoácidos como a los péptidos y proteínas que los contienen. Los grupos R permiten conformar porciones hidrofóbicas e hidrofílicas de una proteína, por la precisión de enrollamiento de la estructura primaria y el posicionamiento de las estructuras secundarias y terciarias. Así:

3.1 Los aminoácidos con radical no polar pueden ser alifáticos o aromáticos. La solubilidad en agua disminuye a medida que aumenta el número de carbonos en la cadena alifática.

3.2 Los aminoácidos polares sin carga, con grupos hidroxilo (-OH), sulfhidrilo (-SH) pueden formar puentes de hidrógeno, y por lo tanto son solubles en agua. Los grupos amida ($\text{OOC-C(H-CH}_2\text{)-NH}_2^+$) de la asparragina y de la glutamina se hidrolizan por acción de ácidos y bases suaves, formando sus respectivos ácidos, aspártico y glutámico, solubles en agua. Estos dos aminoácidos ácidos, pueden formar sales como el conocido saborizante glutamato monosódico, porque tienen carga negativa a pH 7. Los aminoácidos polares con carga positiva son la lisina, arginina e histidina.

4. Punto isoelectrico: El pH al cual un aminoácido tiende a adoptar una forma dipolar neutra (igual número de cargas positivas y negativas), se denomina punto isoelectrico. La solubilidad de un aminoácido o de una proteína en agua, es mínima en su punto isoelectrico. En la Figura 4.3 se muestra una curva de valoración de la glicina donde se observan tres pHs de inflexión: pK'_1 , pH del punto isoelectrico y pK'_2 .

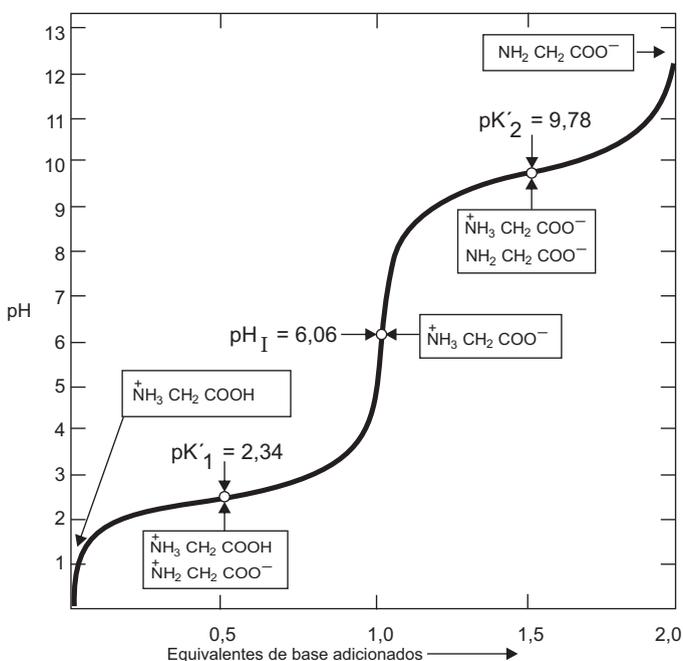


Figura 4.3 Curva de valoración de la glicina

Fuente: Fennema, 1982

4.7 El enlace peptídico

Los aminoácidos se entrelazan entre sí con un enlace de tipo amídico, conocido como enlace peptídico $O = C - N - H$ (Ver Figura 4.4). La longitud y la secuencia de la cadena de aminoácidos es variable. Las cadenas cortas se conocen como péptidos; los oligopéptidos tienen 8-10 aminoácidos, los tripéptidos tienen tres aminoácidos y los dipéptidos tienen dos aminoácidos. La secuencia de aminoácidos se inicia en el extremo N-terminal (con el grupo amino $-NH_2$ libre), hasta el extremo C-terminal (con el grupo carboxilo $-COOH$ libre) y se escribe de izquierda a derecha.

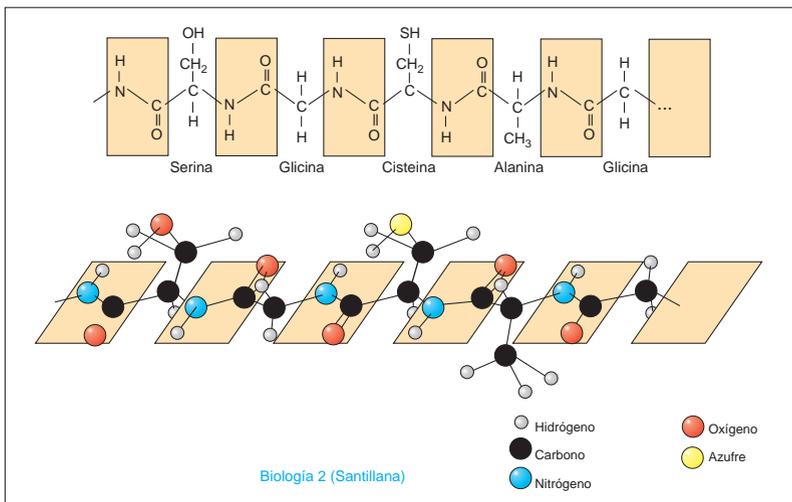


Figura 4.4 Enlaces peptídicos $O = C - N - H$

Fuente: www.um.es/molecula/prot.htm

4.8 Estructura tridimensional de las proteínas

Las estructuras tridimensionales de las proteínas son asociaciones de asociaciones, en la primera se asocian los aminoácidos, en la segunda se asocian las cadenas entre sí, en el tercer nivel de asociación se forman subunidades funcionales, las cuales se asocian entre sí para conferir la geometría final de la proteína. Estas asociaciones tridimensionales se conocen como estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria

de una proteína, las cuales se ilustran en la Figura 4.5, y se explican a continuación. Puede apreciarse la secuencia de aminoácidos, una espiral o una flecha aplanada, un grupo de espirales y de flechas que forman una subunidad, y un grupo de subunidades.

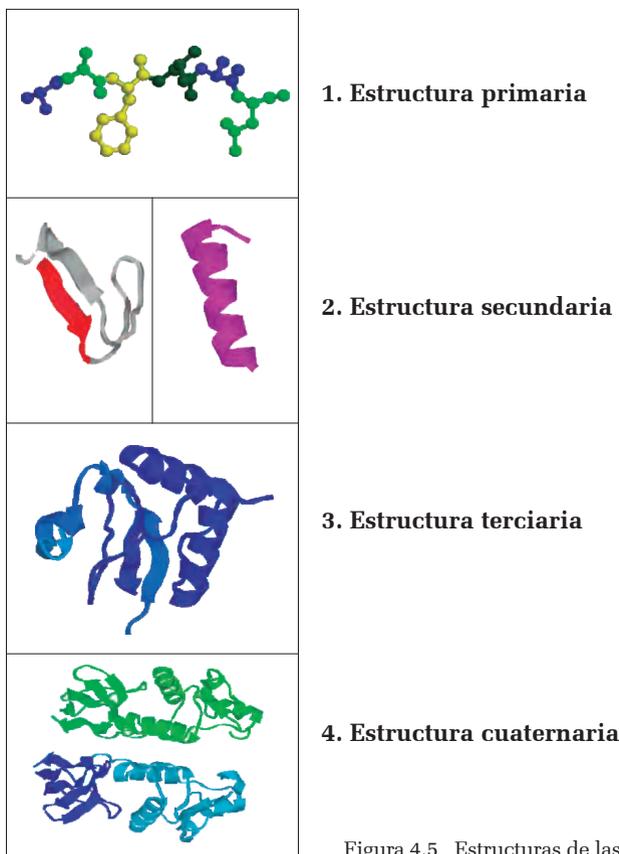


Figura 4.5 Estructuras de las proteínas
Fuente: <http://gl.wikipedia.org/>

1. Estructura primaria: Se refiere a la secuencia de aminoácidos en cadenas lineales, unidos entre sí por el enlace peptídico. Este ordenamiento está codificado en el ADN, y se sintetiza en el ARN de los ribosomas.

2. Estructura secundaria: La secuencia lineal de la estructura primaria tiene dos posibilidades de replegarse sobre sí misma para formar una espiral conocida como α -hélice, o de recorrer secuencias de

ida y de vuelta para formar una bandeja, conocida como lámina β . En esta estructura participan las fuerzas de Van der Waals en los puentes de hidrógeno. También se forman hélices de colágeno y enroscamientos aleatorios. En la Figura 4.6 se ilustran los enlaces que estabilizan la estructura secundaria y terciaria de una proteína.

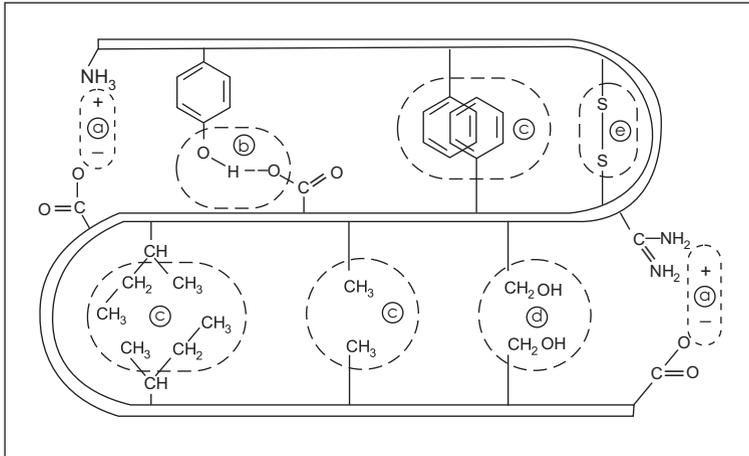


Figura 4.6 Enlaces que estabilizan las estructuras secundaria y terciaria de las proteínas: (a) interacción electrostática, (b) puente de hidrógeno, (c) interacción hidrófoba, (d) interacción dipolo-dipolo, (e) enlace disulfuro.

Fuente: Fennema, 1982

3. **Estructura terciaria:** Se forman subunidades funcionales, con plegamientos adicionales sostenidos por diversos tipos de enlaces, como los puentes disulfuro entre dos aminoácidos azufrados, puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, interacciones iónicas e hidrofóbicas. Es una estructura muy importante para la actividad biológica de cada proteína. Por ejemplo, las proteínas globulares son hidrosolubles, pero las proteínas filamentosas no son hidrosolubles y por ello tienen funciones diferentes. El colágeno de los huesos y del tejido conjuntivo, la queratina de uñas, cabellos, cuernos y plumas, la fibroína del hilo de seda y las telarañas, la elastina del tejido conjuntivo, son proteínas estructurales precisamente porque no se disuelven en soluciones fisiológicas. La caseína de la leche es una proteína globular pero puede precipitarse para obtener quesos.

4. **Estructura cuaternaria:** Es el cuarto nivel de asociación que poseen algunas proteínas, con varias subunidades de la estructura

terciaria ensambladas por enlaces débiles no covalentes. Por ejemplo la hemoglobina y las enzimas alostéricas.

4.9 Clasificación de las proteínas

Las proteínas son macromoléculas de gran diversidad, por ello su clasificación se fundamenta en diferentes factores. Utilizando un sistema de cuatro clases, las proteínas pueden clasificarse según su: 1. Composición; 2. Forma; 3. Solubilidad; 4. Función biológica. En la Tabla 4.2 se definen los tipos de proteínas pertenecientes a cada clase y se ilustran con ejemplos.

Tabla 4.2
Clasificación de las proteínas por su composición,
forma, solubilidad y función biológica

Clasificación	Propiedades	Ejemplo
Por su composición		
1. Simples	Contienen sólo aminoácidos	Insulina
2. Conjugadas	Contienen una fracción no proteica	
2.1 Metaloproteínas	Pigmentos	Mioglobina, hemoglobina
2.2 Glucoproteínas	Contienen carbohidratos	Inmunoglobulina, caseína
2.3 Fosfoproteínas	Contienen fósforo	Flavoproteínas, pepsina
2.4 Lipoproteínas	Contienen lípidos	Lipopitelina yemas
2.5 Nucleoproteínas	Contienen ácidos nucleicos	Virus, genes
Por su forma		
1. Globulares	Esféricas u ovoides	Albúmina de huevo
2. Fibrosas	Forman fibras de tejido conectivo	Colágeno
	Forman ligamentos y tendones	Elastina
	Pelo, lana, uñas, cuernos	Queratina
	Forman músculos	Actina y miosina
	Coagulan la sangre	Fibrinógeno
Por su solubilidad		
1. Albúminas	Solubles en agua y soluciones salinas diluídas	-lactoalbúmina de la leche, ovoalbúmina del huevo.

2. Globulinas	Poco solubles en agua, solubles en soluciones salinas	Miosina del músculo, globulina del plasma
3. Histonas	Alto contenido de aminoácidos básicos	Nucleoproteínas, unidas a ácidos nucleicos
4. Glutelinas	Insolubles en agua y en etanol, solubles en álcalis y ácidos débiles	Gluten del trigo
5. Prolaminas	Solubles en etanol 70°	Zeína del maíz, gliadina del trigo
6. Escleroproteínas	Insolubles en la mayoría de los solventes	Proteínas fibrosas
Por su función biológica		
1. Estructurales	Participan en estructura corporal	Proteínas fibrosas.
2. Enzimas	Catalizan reacciones biológicas	Lipasas, proteasas
3. Hormonas	Mensajeros químicos	Insulina, glucagón
4. Toxinas	Proteínas dañinas generadas por microorganismos	Toxina botulínica
5. Anticuerpos	Proteínas protectoras del organismo	-globulina de la sangre
6. Transporte de O ₂	Transporta O ₂ de los pulmones a los tejidos Almacena O ₂ en el músculo	Hemoglobina Mioglobina

Fuente: Dergal, 1993.

4.10 Importancia de las proteínas en los alimentos

En la Tabla 4.3 se seleccionaron algunos contenidos de proteínas de la Tabla de Composición de Alimentos para Uso Práctico, del Instituto Nacional de Nutrición.

Tabla 4.3
 Contenido de proteínas en alimentos y bebidas

Alimento	Proteínas (g proteína / 100 g alimento)
Aceite	0,0
Aguacate	1,3
Almendra	18,6
Arroz blanco	8,1
Atún natural enlatado	23,2
Azúcar	0,0
Caroatas negras cocidas	8,5
Cerveza 5° G.L.	0,6
Coco maduro	3,5
Costilla de cerdo	16,5
Cotufa	12,0
Chipi chipi cocidos	17,4
Harina precocida de maíz	7,2
Huevo de gallina	12,4
Leche de vaca líquida completa	3,5
Leche en polvo completa	25,8
Lechuga	1,2
Lomito de res	18,7
Malta	0,6
Mantequilla	0,6
Margarina	0,6
Mermelada	0,5
Melón	0,6
Miel de abejas	0,3
Pan canilla	11,4
Pollo	20,2
Pasta no enriquecida	15,6
Pulpo	14,2
Trucha arcoíris	19,5
Yogur natural de leche completa	4,3
Yogur natural de leche descremada	4,6

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición, 2001.

Además de la concentración de proteínas en un alimento, como la presentada en la Tabla 4.3, es importante el concepto de calidad proteica, el cual se refiere a la adecuación de aminoácidos según los requerimientos nutricionales. Así, hay proteínas de muy buena calidad con todos los aminoácidos, como la caseína de la leche, y otras de menor calidad por tener aminoácidos limitantes, como las proteínas de leguminosas que son deficientes en metionina y las del maíz, que son deficientes en lisina. Sin embargo, cuando se consumen juntas, como en una arepa o una empanada rellenas de caraotas negras, ambas proteínas se complementan y resultan en una ingesta proteica de buena calidad.

El método clásico usado para evaluar calidad proteica es el PER (del inglés *protein efficiency ratio*), también traducido al castellano REP (relación de eficiencia proteica) en algunos textos. La relación de eficiencia proteica se calcula comparando el crecimiento de ratas jóvenes que consumen la proteína problema, con el crecimiento de ratas alimentadas con una dieta a base de caseína, la cual es una proteína de referencia. La duración del método está diseñada para 28 días, pero puede reducirse a 15 días.

4.11 Propiedades físicoquímicas de las proteínas

1. Reacciones del grupo carboxilo: Participa en la generación de amidas, ésteres y halogenuros de acilo. El grupo α -carboxilo se puede reducir a su correspondiente alcohol. Cuando los aminoácidos son descarboxilados por enzimas, calor, ácidos, bases y ninhidrina, producen aminas. Por ejemplo, la histamina se produce por descarboxilación de la histidina. En presencia de oxidantes fuertes, los aminoácidos se transforman en aldehídos.

2. Reacciones del grupo amino: La acilación de un aminoácido (aa) ocurre en su grupo α -amino y produce acilaminoácidos, (aa-NH-CO-R'). A temperatura ambiente, el grupo α -amino reacciona con ácido nitroso y libera nitrógeno, es el fundamento de la reacción de Van Slyke para controlar la liberación de grupos amino durante las proteólisis. También puede emplearse formol para la valoración volumétrica de aminoácidos en la leche, por el método de Sorensen. La reacción entre aldehídos y el grupo α -amino de los aminoácidos, origina las bases

de Schiff, características del pardeamiento no enzimático de algunos alimentos.

3. Reacciones debidas al grupo R: Todos los aminoácidos tienen una base idéntica y una cadena lateral o grupo R que los diferencia en su estructura y propiedades.

4. Solubilidad: Las proteínas son solubles en agua cuando adoptan una conformación globular. La solubilidad es debida a los radicales (-R) libres de los aminoácidos que, al ionizarse, establecen enlaces débiles (puentes de hidrógeno) con las moléculas de agua. Así, cuando una proteína se solubiliza queda recubierta de una capa de moléculas de agua (capa de solvatación) que impide que se pueda unir a otras proteínas lo cual provocaría su precipitación (insolubilización). Esta propiedad es la que hace posible la hidratación de los tejidos de los seres vivos.

5. Capacidad amortiguadora: Las proteínas, al igual que los aminoácidos que las conforman, tienen un comportamiento anfótero y esto las hace capaces de neutralizar las variaciones de pH del medio, ya que pueden comportarse como un ácido o una base y por tanto liberar o retirar protones (H^+) del medio donde se encuentran.

4.12 Desnaturalización y renaturalización proteica

La desnaturalización de una proteína se refiere a la ruptura de los enlaces que mantenían sus estructuras cuaternaria, terciaria y secundaria, conservándose solamente la estructura primaria. En estos casos las proteínas se transforman en filamentos lineales y delgados que se entrelazan hasta formar compuestos fibrosos e insolubles en agua. Los agentes que pueden desnaturalizar a una proteína pueden ser: 1. Calor excesivo; 2. Sustancias que modifican el pH; 3. Alteraciones en la concentración; 4. Alta salinidad; 5. Agitación molecular. El efecto más visible de este fenómeno es que las proteínas pierden su solubilidad y con ello su actividad biológica.

La mayor parte de las proteínas experimentan desnaturalizaciones cuando se calientan entre 50 y 60 °C; sin embargo, otras se desnaturalizan también cuando se enfrían por debajo de los 10 a 15 °C. La desnaturalización puede ser reversible (renaturalización) pero

en muchos casos es irreversible. En la Figura 4.7 se ilustra la desnaturalización reversible de una proteína, donde los puentes disulfuro (S-S) se rompen para formar enlaces sulfhidrilo (-S-H) y luego retornan a su condición original (S-S).

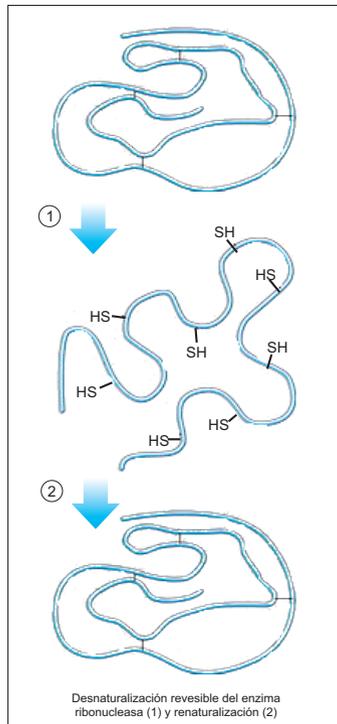


Figura 4.7 Desnaturalización y renaturalización de una proteína

Fuente: <http://www.um.es/molecula/prot.htm>

4.13 Propiedades funcionales de las proteínas en los alimentos

Las propiedades funcionales de las proteínas son aplicadas en las artes culinarias para formar espuma incorporando aire en las claras de huevo batidas, la interacción con otros ingredientes en cremas y bebidas proteicas, las emulsiones de sistemas aceite/agua requeridas para obtener mayonesa, nutricional en cualquier alimento, formación de geles en los quesos.

También hay propiedades funcionales desfavorables como la formación de costras proteicas en las tuberías y en los tanques, que deben ser removidos durante el saneamiento industrial. La sensación de arenosidad puede ser conferida por la precipitación no deseada de las proteínas en alguna formulación.

En la Tabla 4.4 se presentan las propiedades funcionales que las proteínas confieren a los alimentos que las contienen:

Tabla 4.4
Propiedades funcionales de las proteínas

Propiedad funcional	Función en el alimento
Hidratación	Solubilidad, dispersión, absorción de agua, espesante, gelificante, viscosidad, formación de masa
Estructural y reológica	Elasticidad, cohesión, formación de redes tridimensionales, formación de fibras, viscosidad, agregación, gelificación, hilado, extrusión
Sensorial	Color, sabor, olor, textura, turbidez, arenosidad
Fenómenos superficiales	Emulsificación, espumante, estabilización, formación de complejos lípido-proteínas
Interacción con otros ingredientes	Aditivos, lípidos, carbohidratos, fibras, agua, minerales, vitaminas, otras proteínas

Fuente: Dergal, 1993.

4.14 Grupos de proteínas consumidas como alimento

En los alimentos, las proteínas más abundantes se clasifican en los siguientes grupos:

1. **Cárnicas:** Proviene de los músculos esqueléticos de ganado ovino, porcino, vacuno (carnes rojas) y de aves como el pollo (carnes blancas). Otros rubros menos consumidos incluyen cacería como chigüire, danta, jabalí, liebre, venado, y aves como el faisán, las palomas y el pavo. Las proteínas musculares se clasifican en sarcoplásmicas, contráctiles y de estroma. Este tema se trata en el capítulo 18.

2. **Cereales:** La humanidad se nutre mayormente de cereales, entre los cereales básicos se encuentran el arroz, el maíz, el trigo y la cebada. Por este motivo, las proteínas de los cereales tienen un importante rol nutricional.

3. Gelatina: Es una proteína de origen animal empleada en numerosas formulaciones de alimentos. Se obtiene a partir del colágeno de la piel y los huesos acumulados en la industria cárnica.

4. Lácteos: La leche contiene 3-4% de proteínas, de las cuales 80% es caseína y 20% son las proteínas del suero. El capítulo 15 se dedica a la leche y sus derivados, y se ofrece mayor información sobre sus proteínas.

5. Leguminosas: Las proteínas de semillas leguminosas como la soya, las caraotas y las habas, permite la complementación con los aminoácidos de los cereales, por ello su consumo significa la ingesta de una mejor calidad proteica.

6. Pescados y mariscos: Los músculos de los peces tienen estructura y función similar a los músculos de los mamíferos, pero son menos estables. Las proteínas de los mariscos tienen cualidades especiales que permiten recomendarlas en dietas de pacientes con enfermedad tumoral (Padilla, 2003). Este tema se trata más adelante en el capítulo 21.

7. Hortalizas y legumbres: Las hortalizas frescas no se consideran fuentes proteicas.

8. Huevos: Los huevos tienen claras y yemas, con 12% de proteínas que cumplen diferentes funciones para el embrión y para la nutrición humana. Este tema se trata más adelante en el capítulo 20.

9. No convencionales: El estudio de otras fuentes proteicas ha llevado a explorar proteínas unicelulares (algas, bacterias, hongos, levaduras), follajes, sangre, harinas de pescado, lombrices, insectos, etc.

4.15 Obtención de gluten

El gluten es una proteína de origen vegetal obtenida del trigo (*Fagopyrum esculentum*). Esta proteína tiene cualidades muy especiales y permite el amasado. Su propiedad de formar capas capaces de retener los gases producidos durante la fermentación de las levaduras, permite la panificación. El gluten de trigo es una proteína muy consumida por los vegetarianos, quienes no incluyen en su dieta aves, huevos, carnes, pescados y a veces tampoco derivados lácteos.

4.16 Elaboración de queso fresco

El queso se produce por coagulación de la proteína láctea caseína, de origen animal.

Básicamente el queso es un gel producido por fermentación o por acidificación, y sobre este gel se realizan modificaciones de ingredientes adicionales, procesamiento y maduración, para aumentar la diversidad en la dieta. En el capítulo 15, se tratará extensivamente el control de calidad del queso, como derivado lácteo ampliamente consumido por numerosas culturas de nuestro planeta.

Ejercicios

E 4.1 Seleccionar una harina comercial, producir una suspensión acuosa, aumentar el pH para disolver las proteínas, filtrar, disminuir el pH para precipitar las proteínas, centrifugar, deshidratar y calcular el porcentaje de recuperación. Puede compararse con una harina experimental de maní, ajonjolí o cacahuetas.

E 4.2 Observar la diferencia entre licuar leche pasteurizada con jugo de limón y licuar leche con clara de huevo. Mida el pH antes y después de licuar.

Controversias en debate (CED)

CED 4.1

Consumir desayunos hiperproteicos es beneficioso para la salud

Con la creciente epidemia de obesidad, la propuesta de consumir desayunos hiperproteicos para controlar el apetito, es una de las opciones para reducir el peso corporal. Sin embargo, elevar el consumo de proteínas en la dieta diaria no es una panacea nutricional porque puede causar dolorosas afecciones asociadas con el catabolismo proteico por acumulación de ácido úrico en las articulaciones, como la gota.

CED 4.2

La nixtamalización mejora el valor nutricional del maíz

La nixtamalización es un proceso térmico-alcalino aplicado al maíz; esta palabra deriva del náhuatl *nextili* que significa cenizas de cal, y *tamali* que significa masa de maíz. La adición de 1-3% de cal al maíz humedecido ocasiona valores de pH 11 a 13, lo cual es un tratamiento drástico adicional para el procesamiento tecnológico de un alimento. En este proceso ocurren diversas reacciones físicas y químicas, como la gelatinización del almidón, la hidrólisis de la hemicelulosa del pericarpio, aumenta la biodisponibilidad de algunos aminoácidos como la lisina y el triptófano, y mejora la proporción de leucina/isoleucina, la niacina que se encontraba no disponible como niacinógeno se hace disponible. Algunos autores consideran que la nixtamalización del maíz permitió el florecimiento de las culturas precolombinas, cuando lo comparan con otros pueblos como el egipcio, donde se consume maíz cocido sin adición de álcalis y la población padece de pelagra, causada por la deficiencia de niacina. La deficiencia de lisina del maíz, a su vez rico en metionina, se compensa con el acompañamiento de las tortillas con los frijoles ricos en lisina pero deficientes en metionina. En esta controversia se resalta la importancia de la forma de preparación del alimento antes de su consumo, en los atributos que puede recibir el consumidor. No es suficiente sugerir el consumo de proteínas de origen vegetal, porque también es necesario indicar la forma de consumo.

(Dergal, 1993)

Referencias

- Bello Gutiérrez J (2000) *Ciencia Bromatológica. Principios Generales de los Alimentos*. Ediciones Días de Santos SA; Madrid, España; 577 pp.
- Dergal SB. 1993. *Química de los Alimentos*. Tercera Edición. Pearson Educación; Naucalpan de Juárez, México; 648 pp.
- Fennema OR (1982) *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 1095 pp.
- Instituto Nacional de Nutrición (2001) *Tabla de Composición de Alimentos para Uso Práctico*. Publicación No. 54. Serie Cuadernos Azules; Caracas, Venezuela; 97pp.

- Padilla JL (2003) *Comer Salud*. Tian CB; Pozo Amargo, España; 487 pp.
- <http://www.um.es/molecula/prot.htm> (recuperado el 24.05.06)
- www.biorom.uma.es/con
- [tenido/av_biomo/Mat2.html](http://www.biorom.uma.es/con/tenido/av_biomo/Mat2.html) (recuperado el 05.06.06)
- <http://gl.wikipedia.org/wiki/Image:ProteinStructures.png> (recuperado el 09.06.06).

Capítulo 5

Enzimas

Patricia Vit

Las enzimas son biocatalizadores de naturaleza proteica, de gran importancia en la industria de alimentos. Es importante asimilar en este capítulo los conceptos de: origen de las enzimas (animal, vegetal, microbiano, recombinante), definición, estructura, nomenclatura, clasificación (oxidorreductasas, transferasas, hidrolasas, liasas, isomerasas y ligasas), actividad enzimática, factores que modulan la actividad enzimática (pH, temperatura, concentración de sustrato, cofactores, producto final, inhibidores, sales, Aw), cinética enzimática (modelo de Michaelis-Menten, modelo de enzimas alostéricas), importancia de las enzimas en los alimentos, oscurecimiento enzimático, propiedades físico-químicas de interés en los alimentos, propiedades funcionales de las enzimas en los alimentos (en el procesamiento industrial, para el control de calidad), inactivación enzimática, efectos de las enzimas en la estabilidad bioquímica y microbiológica de los alimentos. El proceso de obtención de la papaína y la utilidad de la renina para producir queso permite vincular los conceptos teóricos de este capítulo con las aplicaciones cotidianas de estas enzimas en los alimentos. Finalmente se sugieren dos ejercicios vinculados con la inhibición enzimática por escaldado, aumento de acidez y bajas temperaturas, y las enzimas cotidianas, como las consumidas durante el desayuno. Se presentan dos controversias debatibles sobre el uso de suplementos enzimáticos y la legislación para enzimas alimentarias.

La fermentación alcohólica no es una reacción espontánea, es causada por una sustancia catalítica de origen biológico, para la cual se sugiere el nombre ENZIMA, derivado del griego ενζυμη que significa “en fermento”.

Wilhelme Kühne

Contenido

- 5.1 Origen de las enzimas
- 5.2 Funciones de las enzimas en los organismos vivos
- 5.3 Definición de enzimas
- 5.4 Estructura enzimática
- 5.5 Nomenclatura
- 5.6 Clasificación de las enzimas
- 5.7 Actividad enzimática
- 5.8 Cinética enzimática
- 5.9 Importancia de las enzimas en los alimentos
- 5.10 Oscurecimiento enzimático
- 5.11 Propiedades funcionales de las enzimas en los alimentos
- 5.12 Obtención de papaína

Enzimas

5.1 Origen de las enzimas

Al igual que el agua, los carbohidratos, los lípidos y las proteínas, las enzimas son necesarias para la vida. Las enzimas utilizadas en la industria de alimentos provienen de: 1. La industria empacadora de carnes provee enzimas derivadas de estómago, hígado y páncreas (tripsina, lipasas, cuajos); 2. La industria de malta de cebada es la fuente de enzimas de cereales; 3. Las frutas lechosa y piña contienen enzimas proteolíticas (papaína, bromelina); 4. La industria de la fermentación produce enzimas microbianas de bacterias, hongos y levaduras (α -amilasa, glucosa-isomerasa); 5. Las enzimas recombinantes obtenidas por ingeniería genética en microorganismos, permite sustituir fuentes animales y vegetales. En la actualidad se han identificado más de 2000 enzimas.

En la Tabla 5.1 se muestra la procedencia animal, bacteriana y vegetal de algunas enzimas utilizadas en la industria de alimentos, junto con su peso molecular y número de subunidades. Puede observarse que las enzimas de mayor tamaño poseen un mayor número de subunidades.

Tabla 5.1
Enzimas utilizadas en la industria de alimentos

Nombre	Procedencia	PM (Dalton x 10 ⁻³)	No. subunidades
Lisozima	Huevo de gallina	14,6	1
Papaína	Látex de lechosa (Carica papaya)	20,7	1
Tripsina	Páncreas vacuno	23,0	1
Pectinesterasa	Tomate	23,8	1
Peroxidasa	Rábano	40,0	1
Hexoquinasa	Levadura	104,0	2
Catalasa	Hígado vacuno	232,0	4
Glutamin-sintetasa	E.coli	592,0	12
Arginin-descarboxilasa	E. coli	820,0	10

Modificado de: Belitz & Grosch, 1985.

5.2 Funciones de las enzimas en los organismos vivos

El metabolismo celular es catalizado por enzimas; en bioquímica se conoce como anabolismo al grupo de reacciones que construyen moléculas nuevas, y catabolismo al grupo de reacciones que desdoblán moléculas grandes en sus componentes. Las reacciones enzimáticas permiten funciones vitales como la respiración, la circulación, la digestión, etc.

En la ciencia de los alimentos, las enzimas pueden alterar o mejorar la calidad de un producto; por ello se controla su actividad. Es importante observar que algunos alimentos se consumen vivos, y que la cosecha de los vegetales, a diferencia del beneficio animal, no detiene su respiración. Cuando se cortan los tejidos, se destruyen compartimientos celulares que mantienen separadas las enzimas de los sustratos, y con ello suceden reacciones enzimáticas fuera de control.

5.3 Definición de enzimas

Las enzimas son biocatalizadores de naturaleza proteica, con un centro activo que puede contener un grupo prostético o requerir de

un cosustrato. En la Figura 5.1 se ilustra la secuencia de un sustrato que se aproxima a la enzima, se posiciona en el centro activo donde es modificado, y se libera como producto.

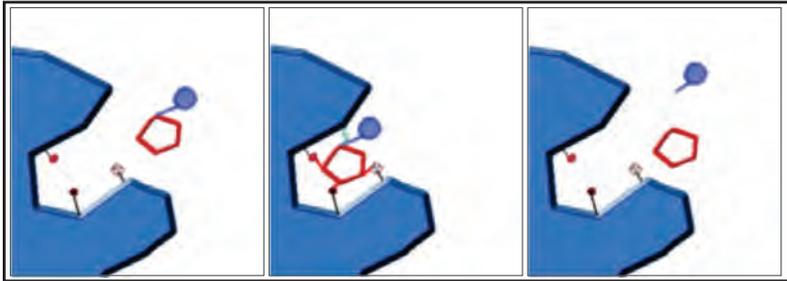


Figura 5.1 Secuencia de reacción catalizada por una enzima

Fuente: <http://ceidis.ula.ve/cursos/nurr/bioquimica>

5.4 Estructura enzimática

Las enzimas son proteínas globulares de diferentes tamaños (Ver Tabla 5.1). Al igual que las proteínas, las enzimas son secuencias de aminoácidos con estructuras secundaria, terciaria y cuaternaria. Las enzimas actúan sobre un sustrato, al cual modifican (Ver Figura 5.2). Las moléculas de enzimas tienen un centro activo, formado por una secuencia de aminoácidos y/o grupos prostéticos donde ocurre la reacción; el resto de la molécula ayuda a posicionar el sustrato para exponerlo al centro activo. Por su naturaleza catalizadora, las enzimas no forman parte del producto final.

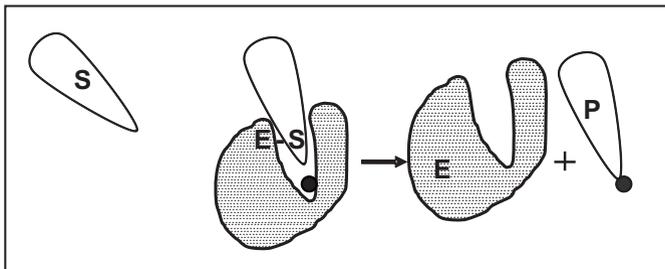


Figura 5.2 Reacción enzimática

La enzima (E) forma el complejo enzima sustrato (E-S) y modifica al sustrato (S) para formar el producto P

La forma de la molécula proteica determina la especificidad y la eficiencia catalítica de las enzimas. Existen enzimas muy específicas que actúan sobre un sustrato natural y sustratos análogos, y enzimas poco específicas que actúan sobre diversos sustratos.

Numerosas enzimas son proteínas complejas formadas por la proteína y un componente no proteico, que participa en la reacción enzimática, conocido como grupo prostético. Otras enzimas requieren de un cosustrato, anteriormente denominado coenzima, para facilitar la reacción catalítica.

5.5 Nomenclatura

Las enzimas suelen tener nombres comunes con el sufijo “asa”, como amilasa, diastasa, fosfatasa, lipasa, proteasa, etc.; pero hay excepciones como la pepsina, papaína, bromelina, etc. A fin de tener nombres universales para su identificación, a cada enzima le corresponde un código numérico de cuatro cifras separadas por un punto, precedido de la letra mayúscula EC porque este código es asignado por la Comisión de Enzimas (EC, del inglés *Enzyme Commission*) establecida desde el año 1956. El Comité de Nomenclatura de la Unión Internacional de Bioquímica y Biología Molecular (NC-IUBMB, del inglés *Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology*) publicó la nomenclatura enzimática vigente en el año 1992, la cual se complementa con suplementos para su actualización continua (<http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme>).

Con esta nomenclatura, se facilita un código sistemático para todas las enzimas. Por ejemplo, en la esfingosina kinasa EC 2.7.1.91, el 2 indica que es una transferasa, por ser una kinasa el 7 se refiere a la subclase fosfotransferasa, el 1 indica que el aceptor es un grupo alcohólico, y el 91 indica el orden de creación de su código en ese subgrupo, en el año 1976, modificado posteriormente en el año 1980.

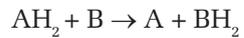
En otra enzima, en la fosfatasa alcalina EC 3.1.3.1, el 3 indica que es una hidrolasa, el 1 se refiere a la subclase del grupo que actúa sobre enlaces del tipo éster, el 3 al tipo de enlace fosfórico monoéster, y el 1 indica el orden de creación de su código dentro del subgrupo, en el año 1961.

5.6 Clasificación de las enzimas

Las enzimas se han agrupado en seis clases, con diferentes subclases y diversos grupos químicos que participan en cada reacción específica. A continuación se presentan los tipos de reacciones que catalizan las seis clases de enzimas:

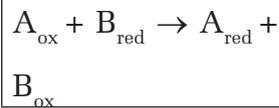
1. Oxidorreductasas: Catalizan reacciones de óxido-reducción por transferencia de:

protones (H^+)



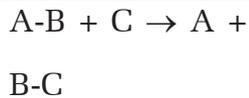
o

electrones (e^-)



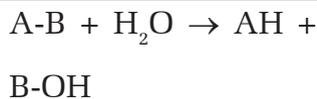
(e.g. succinato deshidrogenasa, citocromo c oxidasa).

2. Transferasas: Catalizan la transferencia de radicales diferentes al hidrógeno.



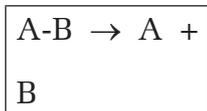
(e.g. glucoquinasa).

3. Hidrolasas: Catalizan reacciones hidrolíticas.



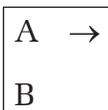
(e.g. lactasa)

4. Liasas: Catalizan reacciones de fraccionamiento.



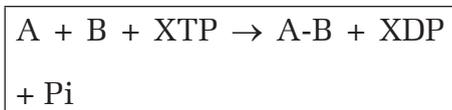
(e.g. acetato descarboxilasa).

5. Isomerasas: Catalizan la conversión de un isómero en otro.



(e.g. fosfoglucosa isomerasa).

6. Ligasas: Catalizan la unión de dos sustratos y la hidrólisis de un trifosfato.



(e.g. piruvato carboxilasa).

5.7 Actividad enzimática

La actividad enzimática se mide con unidades de actividad enzimática (U), expresadas como la cantidad de enzima que cataliza la conversión de 1 μmol de sustrato/minuto.

Las unidades de actividad enzimática (U) expresan la cantidad de enzima que cataliza la conversión de 1 μmol de sustrato/minuto. Otro concepto es la actividad enzimática específica (U/mg proteína obtenida a partir de U/ml dilución), expresada como el número de unidades de actividad enzimática por miligramo de proteína.

La actividad de las enzimas está modulada por diversos factores, como el pH, la temperatura y otros, que pueden acelerar o detener la reacción enzimática, e inclusive desnaturalizar las enzimas. Así

funcionan las enzimas para realizar las funciones vitales, y también en los alimentos de origen animal y vegetal. La modulación de las enzimas cumple funciones en rutinas culinarias, como prevenir la acción de oscurecimiento ocasionada por la polifenoloxidasas frutales mediante la disminución del pH con jugo de limón, y con ello preservar el color de una ensalada de frutas.

Entre estos factores se resaltan:

1. El pH:
2. La temperatura:
3. La presencia de cofactores:
4. Las concentraciones del sustrato:
5. Las concentraciones de los productos finales:
6. Presencia de inhibidores:
7. Modulación alostérica:
8. Sales:
9. Modificación covalente:
10. Proteólisis:
11. Isoenzimas:
12. Actividad de agua:

5.8 Cinética enzimática

Modelo cinético de Michaelis-Menten: Cuando se grafica la concentración de sustrato [S] contra la velocidad de reacción (V), se obtiene una curva hiperbólica (Ver Figura 5.3a).

Leonor Michaelis y Maud Menten desarrollaron la teoría que explica el comportamiento cinético de las enzimas con la ecuación:

$$V = V_{\max} \times \left(\frac{[S]}{[S] + K_M} \right)$$

La ecuación de Michaelis-Menten se grafica como una hipérbola, donde V_{\max} es la velocidad máxima y K_M es la concentración de sustrato a la cual la velocidad de reacción es $\frac{1}{2} V_{\max}$.

Para determinar gráficamente los valores de K_M y V_{\max} es más sencillo utilizar la **representación doble recíproca** ($1/v_0$ frente a $1/[S]_0$), ya que es una línea recta. Esta representación doble recíproca recibe el nombre de **representación de Lineweaver-Burk** (Figura de la derecha). Es una recta en la cual:

1. La pendiente es K_M/V_{\max}
2. La abscisa en el origen ($1/v_0 = 0$) es $-1/K_M$
3. La ordenada en el origen ($1/[S]_0 = 0$) es $1/V_{\max}$

De esta forma, a partir de los datos experimentales se puede calcular gráficamente, los valores de K_M y V_{\max} de una enzima para diversos sustratos (Ver Figura 5.3b).

2. Modelo de enzimas alostéricas: No cumplen con el modelo de Michaelis-Menten. Cuando se grafica la concentración de sustrato contra la velocidad de reacción, se obtiene una curva sigmoidea. En la cinética sigmoidea, pequeñas variaciones en la $[S]$ en una zona crítica (cercana a la K_M) se traduce en grandes variaciones en la velocidad de reacción (Ver Figura 5.3c).

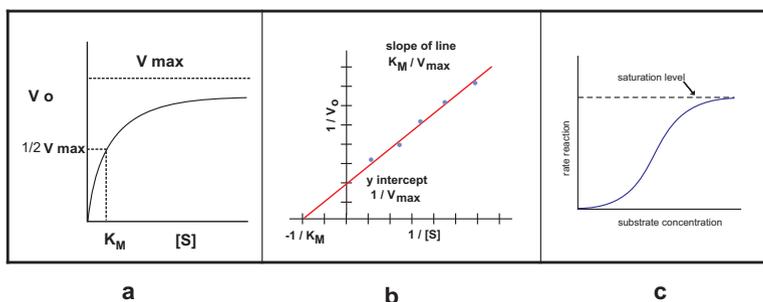


Figura 5.3 Cinética de reacción enzimática
a Hipérbola de Michaelis-Menten, b Representación
de Lineweaver-Burk, c Enzima alostérica.

Modificado de: <http://ceidis.ula.ve/cursos/nurr/bioquimica>

5.9 Importancia de las enzimas en los alimentos

1. Oxidorreductasas: Catalizan reacciones de óxido-reducción. Estas enzimas se usan para producir compuestos de sabores naturales,

como la vainilla que se obtiene de las orquídeas. Son enzimas importantes para evaluar actividad antioxidante en los alimentos. Un ejemplo es la quinona oxidoreductasa. En microbiología, la enzima piruvato ferredoxina oxidoreductasa se utiliza como indicador.

2. **Hidrolasas:** En la Tabla 5.2 se indica el origen de un grupo de proteasas ampliamente utilizado en tecnología de alimentos, donde puede observarse la diversidad de procedencia de los reinos de la naturaleza animal, vegetal y de microorganismos como bacterias y hongos.

Tabla 5.2
Fuentes de proteasas utilizadas en la industria de alimentos

Nombre	Nomenclatura	Procedencia	Rango de pH
Pepsina	EC 3.4.23.1	Mucosa estomacal aviar, porcina y vacuna	2 – 4
Papaína	EC 3.4.22.2	Lechosa (Carica papaya)	4.5 – 6.5
Bromelina	EC 3.4.22.32	Piña (Ananas comosus)	5-7
Ficina	EC 3.4.22.3	Higo (Ficus carica)	5-6
Fosfatasa alcalina	EC 3.1.3.1	Intestino	12
Proteasas alcalinas		Bacillus subtilis	7.5 – 9.5

Modificado de: Belitz & Grosch, 1985.

3. **Isomerasas:** La enzima glucosa isomerasa se utiliza para preparar jarabes de elevado contenido de fructosa a partir del almidón de maíz (HFCS, del inglés *high fructose corn syrup*).

5.10 Oscurecimiento enzimático

El oscurecimiento enzimático se conoce también como pardeamiento enzimático. Las reacciones de oscurecimiento enzimático ocurren cuando una enzima como la polifenoloxidasas entra en contacto con su sustrato natural, un polifenol, debido a la pérdida de compartimentalización celular causada por el corte de una fruta o por un golpe.

En la industria de alimentos, el oscurecimiento enzimático suele ser indeseable y se regula disminuyendo el pH.

5.11 Propiedades funcionales de las enzimas en los alimentos

Las enzimas son utilizadas tanto en el procesamiento como en el control de calidad de la industria de alimentos.

A continuación, en la Tabla 5.3 se presentan algunas enzimas utilizadas en diferentes industrias de alimentos, con sus respectivas funciones.

Tabla 5.3
Enzimas utilizadas en la industria de alimentos

Industria	Enzimas	Usos
Procesamiento		
Láctea	Tripsina Lactasa	Enmascara el gusto a óxido. Evita la cristalización de leche condensada.
Quesera	Quimosina (renina) Lactasa Lipasa	Coagulación de la caseína. Confiere sabor. Acelera la maduración de quesos.
Helados	Lactasa Glucosa-isomerasa	Evita textura arenosa. Jarabes con elevado contenido de fructosa.
Cárnica	Papaína Bromelina	Ablandamiento de carnes. Producción de hidrolizados.
Panificadora	Amilasa Proteasa Lipoxidasa Lactasa	Mejora la calidad del pan. Disminuye la viscosidad de la masa. Produce una miga blanqueada. Mejora la coloración de la superficie.
Cervecera	Amilasa Papaína Pepsina	Usada para licuar pasta de malta. Controlan la turbidez durante la conservación de ciertos productos.
Vinícola	Pectinasas Glucosa-oxidasa	Mejoran la clarificación y extracción de jugos. Evita oscurecimiento y sabores desagradables.

Bebidas no alcohólicas	Pectinasas Glucosa-isomerasa Tannasa Glucosa-oxidasa Celulasa	Mejoran la clarificación de jugos. Conversión de la glucosa en fructosa. Aumenta la solubilidad y disminuye la turbidez del té. Evita el oscurecimiento y los sabores desagradables. Producción de zumos de frutas.
Enzimas recombinantes	Quimosina (renina) -amilasa Pectinasas Glucosa oxidasa Catalasa Lipasa Glucosa isomerasa -glucanasa	Coagulación de la caseína. Licúa almidón y baja las calorías de la cerveza. Clarificación de jugos concentrados. Elimina azúcares de huevos. Evita que aparezcan olores desagradables. Fabricación de concentrados de pescado. Jarabes ricos en fructosa muy edulcorantes. Facilitan filtración de la cerveza.
Control de Calidad		
Apícola	Diastasa	Detecta calentamiento y envejecimiento de la miel de abejas.
Láctea	Fosfatasa alcalina	Control de pasteurización.

Modificado de: www.porquebiotecnologia.com.ar

5.12 Obtención de papaína

La papaína hidrosoluble seca o liofilizada se obtiene del látex de la lechosa (*Carica papaya*). Esta enzima de origen frutal tiene numerosas aplicaciones en la industria de alimentos: 1. Evita el enturbiamiento de la cerveza cuando se congela; 2. Ablanda carnes; 3. Clarifica jugos de frutas.

Ejercicios

E 5.1 Usted tiene la posibilidad de escaldar, aumentar la acidez y usar bajas temperaturas. ¿Cuál método seleccionaría para detener el pardeamiento enzimático en una ensalada de frutas y por qué?

E 5.2 Busque ejemplos de enzimas presentes en los alimentos que consumió durante su desayuno.

Controversias en debate (CED)

CED 5.1

Consumir suplementos enzimáticos es recomendable.

CED 5.2

Legislación sobre enzimas alimentarias.

http://www.consumaseguridad.com/web/es/normativa_legal/2006/08/21/24639.php

(Recuperado el 12.12.06)

Referencias

- Belitz HD, Grosch W (1985) *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia S.A.; Zaragoza, España; 813 pp.
- Bello Gutiérrez J (2000) *Ciencia Bromatológica. Principios Generales de los Alimentos*. Ediciones Días de Santos SA; Madrid, España; 577 pp.
- Fennema OR (1982) *Química de los alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 1095 pp.
- http://ceidis.ula.ve/cursos/nurr/bioquimica/tema_2/sesion_3/pdf/lipidos_sesion3.pdf (recuperado el 18.05.06).
- http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educación/cuaderno/ec_54.asp?cuaderno054
- (recuperado el 07.05.06) Enzimas utilizadas en la industria alimenticia.

Capítulo 6

Micronutrientes: vitaminas y minerales

Patricia Vit

Las vitaminas y los minerales son constituyentes minoritarios de los alimentos y por ello se conocen como micronutrientes. A diferencia de los carbohidratos, los lípidos y las proteínas son requeridos en pequeñas dosis, menores a 0.02% de la ingesta diaria, para cumplir sus funciones nutricionales. El descubrimiento de los micronutrientes se realizó por observaciones de los efectos causados por su carencia o deficiencia en la dieta. En el año 1912 se acuñó el nombre de vitamina, derivado de la expresión amina vital (del inglés *vital amine*), puesto que el investigador Casimiro Funk aisló una fracción amínica del arroz que curaba el beriberi. Las vitaminas tienen estructuras químicas de naturaleza variada por lo que su nombre se ha simplificado en letras y se han clasificado en hidrosolubles (B,C) y liposolubles (A,D,E,K). En este capítulo se presentan las funciones bioquímicas de las vitaminas y las principales patologías causadas por sus deficiencias en la dieta. Los minerales también son micronutrientes porque son necesarios para la nutrición en pequeñas concentraciones. La determinación del contenido de minerales en los alimentos se realiza mediante la incineración de la materia orgánica, antes de lo cual obviamente se evapora la humedad. El residuo mineral se conoce como cenizas. En la Tabla de Composición de Alimentos del Instituto Nacional de Nutrición, se presenta el contenido de Ca, P, Fe, Mg, Zn, Cu, Na y K de los alimentos. Finalmente se sugieren dos ejercicios para observar el contenido de vitaminas y minerales presentado al consumidor en etiquetas de alimentos y para adquirir destreza en búsqueda electrónica de vitaminas y minerales de interés. Se presentan controversias sobre el uso de vitaminas y minerales con efectos tóxicos o como droga inteligente.

Las verduras, hortalizas y frutas son la principal fuente de vitaminas, minerales y fibra de nuestra dieta y nos aportan, además una gran cantidad de agua.

Filosofía de la Dieta Mediterránea.
http://www.dietaz.com/dieta.php?i_dieta_id=57

Contenido

- 6.1 Origen de los micronutrientes
- 6.2 Vitaminas
- 6.3 Clasificación de las vitaminas
- 6.4 Importancia de las vitaminas en los alimentos
- 6.5 Minerales
- 6.6 Clasificación de los minerales
- 6.7 Importancia de los minerales en los alimentos

Micronutrientes: vitaminas y minerales

6.1 Origen de los micronutrientes

Las vitaminas y los minerales son constituyentes minoritarios de los alimentos y por ello se conocen como micronutrientes. A diferencia de los carbohidratos, los lípidos y las proteínas son requeridos en pequeñas dosis, menores a 0.02% de la ingesta diaria, para cumplir sus funciones nutricionales.

6.2 Vitaminas

El descubrimiento de los micronutrientes se realizó por observaciones de los efectos causados por su carencia o deficiencia en la dieta. En el año 1912 se acuñó el nombre de vitamina, derivado de la expresión amina vital (del inglés *vital amine*), puesto que el investigador Casimiro Funk aisló una fracción amínica del arroz que curaba el beriberi.

6.3 Clasificación de las vitaminas

Las vitaminas tienen naturaleza química diversa y agrupan 13 estructuras químicas, clasificadas en hidrosolubles y liposolubles, con funciones catalizadoras específicas como se indica en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1
Funciones bioquímicas de las vitaminas

Tipo	Coenzima	Función bioquímica
Hidrosolubles		
1. Tiamina	Pirofosfato de tiamina	Transferencia de grupos aldehído
2. Riboflavina	Flavin-mononucleótido (FMN) Flavin-adenina-dinucleótido (FAD)	Transferencia de electrones
3. Ácido nicotínico	Dinucleótido de nicotinamida y adenina (NAD) Dinucleótido de nicotinamida y fosfato de adenina (NADP)	Transferencia de electrones
4. Ácido pantoténico	Coenzima A	Transferencia del grupo acilo
5. Piridoxina	Fosfato de piridoxal	Transferencia de grupo amino
6. Biotina	Biocitina	Transferencia de carboxilo
7. Ácido fólico	Ácido tetrahidrofólico	Transferencia de grupo monocarbonado
8. Vitamina B ₁₂	Coenzima B ₁₂	Desplazamiento átomo hidrógeno
9. Ácido ascórbico	-	Cofactor de hidroxilación
Liposolubles		
10. Vitamina A	11-cis-retinal	Ciclo visual
11. Vitamina D	-	Metabolismo del calcio y del fósforo
12. Vitamina E	-	Antioxidante
13. Vitamina K	-	Biosíntesis de protrombina

Tomado de: Dergal (1999)

6.4 Importancia de las vitaminas en los alimentos

En la Tabla 6.2 se presentan las principales patologías causadas por deficiencias de las vitaminas, aunque esto es más complejo porque los requerimientos y las disfunciones varían según el estado de crecimiento y desarrollo.

Tabla 6.2
Patologías causadas por deficiencias de vitaminas.

Tipo	Manifestaciones
Hidrosolubles	
1. Tiamina	Beriberi Neuropatía en alcohólicos
2. Riboflavina	Arriboflavinosis: queilitis, queilosis y glositis
3. Ácido nicotínico	Pelagra, dermatitis, diarrea y demencia
4. Ácido pantoténico	-
5. Piridoxina	Dermatitis seborreica, glositis
6. Biotina	Dermatitis seborreica Glositis
7. Ácido fólico	Anemia megaloblástica
8. Vitamina B ₁₂	Anemia perniciosa
9. Ácido ascórbico	Escorbuto
Liposolubles	
10. Vitamina A	Gerosis Nictalopía Xeroftalmia
11. Vitamina D	Osteomalacia Raquitismo
12. Vitamina E	Anemia hemolítica en prematuros
13. Vitamina K	Coagulación retardada

Diferentes alimentos contienen vitaminas comunes en concentraciones variadas. Algunos son muy ricos en ciertas vitaminas y pobres en otras, como puede observarse en la Tabla 6.3

Tabla 6.3
Contenido de vitaminas en alimentos y bebidas

Alimento	Vitaminas (unidades ¹ /100 g alimento)						
	1	2	3	4	5	6	7
Aceite	-	-	-	-	-	-	-
Aguacate	22	132	0,04	0,10	1,4	-	13
Almendra	-	-	0,25	0,67	4,6	-	Tr
Arroz blanco	-	-	0,08	0,04	1,5	-	-
Atún natural enlatado	-	-	-	-	10,7	0,47	-

Azúcar	-	-	-	-	-	-	-
Caraotas negras cocidas	-	-	0,14	0,03	0,4	0,07	-
Cerveza 5° G.L.	-	-	Tr	0,03	0,2	-	-
Coco maduro	-	-	0,04	0,03	0,6	0,06	4
Costilla de cerdo	-	-	0,63	0,14	3,9	-	-
Cotufa	-	-	Tr	0,23	2,4	-	-
Chipi chipi cocidos	-	-	0,01	0,05	0,1	-	-
Harina precocida de maíz	30	180	0,11	Tr	0,9	-	-
Huevo de gallina	240	-	0,11	0,30	0,1	0,08	-
Leche de vaca líquida completa	36	-	0,04	0,20	0,1	0,04	1
Leche en polvo completa	960	-	0,30	1,46	0,7	0,20	-
Lechuga	-	-	0,06	0,07	0,3	-	18
Lomito de res	-	-	0,13	0,13	4,6	-	-
Malta	Tr	-	0,03	0,04	0,7	-	-
Mantequilla	792	-	Tr	0,01	0,1	-	-
Margarina	510	-	-	-	-	-	-
Mermelada	-	-	0,02	0,02	0,2	-	6
Melón	150	900	0,03	0,04	0,5	0,11	25
Miel de abejas	-	-	Tr	0,04	0,2	-	4
Pan canilla	-	-	0,18	0,26	3,7	-	-
Pollo	-	-	0,08	0,16	8,5	-	-
Pasta no enriquecida	-	-	0,17	0,07	1,5	-	-
Pulpo	-	-	0,02	0,04	1,9	-	-
Trucha arcoiris	32	-	0,08	0,07	3,4	-	-
Yogur natural de leche completa	66	-	0,06	0,22	-	-	-
Yogur natural de leche descremada	-	-	-	-	-	-	-

¹ 1 Vitamina A (E.R.), 2 β -caroteno (equiv. Total), 3 Tiamina (mg), 4 Riboflavina (mg), 5 Niacina (mg), 6 Vitamina B₆ (mg), 7 *Ácido ascórbico* (mg).

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición, 2001.

6.5 Minerales

La Tabla Periódica contiene todos los minerales conocidos, con la correspondiente nomenclatura abreviada. Algunos minerales son importantes para la nutrición y se obtienen de la dieta, o mediante suplementos farmacéuticos. Los minerales también son micronutrientes porque son necesarios para la nutrición en pequeñas concentraciones. La determinación del contenido de minerales en los alimentos se realiza mediante la incineración de la materia orgánica, antes de lo cual obviamente se evapora la humedad. El residuo mineral se conoce como cenizas.

6.6 Clasificación de los minerales

La presencia de los minerales en los alimentos tiene funciones organolépticas, enzimáticas y estructurales. Se encuentran en forma de sales, compuestos organometálicos, en solución o formando parte de matrices complejas. Los minerales contenidos en los alimentos pueden clasificarse según sus funciones bioquímicas, como se presenta a continuación.

Tabla 6.4
Funciones bioquímicas de los minerales

Minerales		Funciones bioquímicas
Cloro	Cl	Control osmótico
Potasio	K	Equilibrio electrolítico
Sodio	Na	Corrientes
Magnesio	Mg	Metabolismo del fosfato
Calcio	Ca	Controles y gatillos
Zinc	Zn	Catálisis y regulación
Hierro	Fe	Reacciones redox y control
Manganeso	Mn	Glicosilación
Cobre	Cu	Oxidasas extracitoplásmicas Formación de matrices
Níquel	Ni	¿Residuos evolutivos?
Cobalto	Co	

Molibdeno Vanadio Tungsteno	Enzimas
Fosfato Sílice	Ácido-Base de no metales
Azufre S Selenio Se Halógenos	Redox de no metales

Fuente: Fraústo da Silva y Williams, 1993

6.7 Importancia de los minerales en los alimentos

Los nutricionistas estudian la importancia de los minerales para la alimentación. En la Tabla 6.5 se presenta el contenido de minerales en alimentos, expresado como porcentaje de cenizas (g cenizas/100 g alimentos), junto con las concentraciones de calcio, fósforo, hierro, magnesio, zinc, cobre, sodio y potasio (mg/100 g alimento). Puede observarse que en el grupo de alimentos seleccionados, Ca, P y Fe han sido analizados más frecuentemente en la tabla de composición utilizada.

Tabla 6.5
Contenido de minerales en alimentos

Alimento	C ¹	M i n e r a l e s (mg/100 g alimento)							
		Ca	P	Fe	Mg	Zn	Cu	Na	K
Aceite	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Aguacate	0,7	10	39	0,6	-	0,33	0,16	-	-
Almendra	3,0	254	475	4,4	170	2,17	0,85	-	835
Arroz blanco	0,5	8	147	0,9	-	-	-	-	-
Atún natural enlatado	1,2	17	148	1,7	-	-	-	-	-
Azúcar	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Caraotas negras cocidas	1,4	54	191	3,5	70	1,20	0,29	1	355
Cerveza 5° G.L.	0,2	4	26	-	-	-	-	-	-
Coco maduro	1,0	13	83	1,8	39	0,79	-	35	379
Costilla de cerdo	0,8	9	132	1,0	26	2,90	0,13	60	380
Cotufa	1,6	39	284	5,0	-	-	-	-	-

Chipi chipi cocidos	2,6	248	109	61,2	-	-	-	-	-
Harina precocida de maíz	0,4	12	76	1,0	-	-	-	-	-
Huevo de gallina	0,9	55	200	2,8	12	1,40	-	144	147
Leche de vaca líquida completa	0,6	131	90	0,03	12	0,38	0,01	48	157
Leche en polvo completa	6,0	949	728	0,6	110	2,10	0,16	371	1160
Lechuga	0,9	62	20	1,1	-	0,24	0,02	-	-
Lomito de res	1,1	25	185	2,9	-	-	-	-	-
Malta	1,4	31	58	0,4	-	-	-	-	-
Mantequilla	2,5	20	16	-	-	-	-	-	-
Margarina	1,5	9	30	0,4	-	-	-	-	-
Mermelada	0,4	12	12	0,3	-	-	-	-	-
Melón	0,4	15	15	0,4	11	0,12	0,01	8	210
Miel de abejas	0,2	5	16	0,9	2	0,90	0,05	7	35
Pan canilla	1,5	27	120	2,9	40	3,90	Tr	283	131
Pollo	1,3	14	200	1,5	25	1,1	0,19	81	320
Pasta no enriquecida	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Pulpo	1,6	37	144	2,7	-	1,70	0,43	-	-
Trucha arcoiris	1,3	11	245	0,4	26	0,50	0,10	62	413
Yogur natural de leche completa	0,9	178	-	-	-	-	-	-	-
Yogur natural de leche descremada	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-

¹ cenizas (g/100 g alimento)

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición, 2001.

Ejercicios

E 6.1

Elaborar listas de vitaminas y minerales visibles en etiquetas de alimentos.

E 6.2

Seleccionar una vitamina y un mineral para practicar búsqueda electrónica.

Controversias en debate (CED)

CED 6.1

¿Puede ser tóxico un exceso de vitaminas y de minerales?

CED 6.2

¿Las vitaminas y minerales ¿son drogas inteligentes?

Conociendo que según la definición clásica, “droga” se refiere a cualquier sustancia que el organismo no asimila al ingerirla -lo que sí ocurre con los alimentos, que sirven para aportar energía, construir tejidos, etc-, sino que produce alguna modificación y es después eliminada sin asimilarse. ¿Pueden considerarse las vitaminas y los minerales drogas inteligentes?

<http://www.uned.es/revista-de-alumnos/articulos/drogas.htm>

Referencias

- Bello Gutiérrez J (2000) *Ciencia Bromatológica. Principios Generales de los Alimentos*. Ediciones Días de Santos SA; Madrid, España; 577 pp.
- Cheftel JC, Cheftel H (1976) *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 333 pp.
- Dergal SB. 1999. *Química de los Alimentos*. Tercera Edición. Pearson Educación; Naucalpan de Juárez, México; 648 pp.
- Fennema OR (1982) *Química de los alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 1095 pp.
- Fraústo da Silva JJR, Williams RJP (1993) *The Biological Chemistry of the Elements. The Inorganic Chemistry of Life*. Clarendon Press; Oxford, UK; 561 pp.
- Instituto Nacional de Nutrición (2001) *Tabla de Composición de Alimentos para Uso Práctico*. Publicación No. 54. Serie Cuadernos Azules; Caracas, Venezuela; 97p.

II PARTE - MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

Capítulo 7

CAUSAS DE DETERIORO

Capítulo 8

ALTAS TEMPERATURAS

Capítulo 9

BAJAS TEMPERATURAS

Capítulo 10

DISMINUCIÓN DE A_w .

Capítulo 11

FERMENTACIONES

Capítulo 12

ADITIVOS

Capítulo 13

NUEVAS TECNOLOGÍAS

Capítulo 14

SISTEMAS DE EMPAQUETADO

Capítulo 7

Causas de deterioro

Patricia Vit / Isbelia González †

Todos los alimentos son susceptibles al deterioro, desde el momento en que el alimento se cosecha, se recoge, se captura o se sacrifica, comienzan una serie de etapas de descomposición, durante el procesamiento y almacenamiento pueden sufrir distintos grados de deterioro, que conllevan los más diversos contratiempos: desarrollo de propiedades sensoriales no deseables, reducción del valor nutritivo, limitación en la garantía de su seguridad, etc. Es importante resaltar el concepto de vida útil, las causas de deterioro como son: actividad microbiana y sus factores intrínsecos y extrínsecos, la curva de crecimiento microbiano en un alimento, la actividad enzimática, presencia de insectos, parásitos y roedores, excesivas temperaturas, tanto altas como bajas, humedad excesiva, resequeidad excesiva, luz, oxígeno, presión. Todas las alteraciones físicas, químicas y biológicas. Para el campo de los alimentos es fundamental conocer las causas de deterioro para poder combatirlos eficazmente. Los ejercicios recomendados en este tema permiten familiarizarse con los microorganismos causantes de deterioro de papas y el sistema de conservación por energía de las pirámides. Las controversias tratadas se orientan hacia el contraste de los términos ayuda alimentaria y subsidios a la exportación, junto con el significado de la seguridad alimentaria relacionado con la calidad de vida.

*Lo que ha nacido morirá
lo que se ha recogido se dispersará
lo que se ha acumulado se agotará
lo que se ha construido se derrumbará
lo que ha estado en lo alto descenderá.*

Buda

Contenido

- 7.1 Deterioro alimentario
- 7.2 Origen de la contaminación natural
- 7.3 Causas de deterioro
- 7.4 Factores intrínsecos y extrínsecos
- 7.5 Microorganismos que alteran los alimentos
- 7.6 Principios de conservación
- 7.7 Efecto barrera, inactivación, eliminación de microorganismos
- 7.8 Métodos combinados de conservación de alimentos

Causas de deterioro

7.1 Deterioro alimentario

Los alimentos son perecederos porque se deterioran con el paso del tiempo, por ello es necesario conservarlos utilizando barreras contra los agentes que transforman un producto comestible en un producto no apetecible o inclusive no apto para el consumo. Se conoce como vida útil de un alimento al período de tiempo durante el cual resulta deseable su consumo.

El deterioro de los alimentos es un problema que ha llamado la atención de la humanidad en toda su existencia. El consumidor contemporáneo requiere alimentos que sean procesados con reducción de aditivos, residuos veterinarios (e.g. antibióticos, desparasitantes) y agrícolas (e.g. herbicidas, plaguicidas). También demanda alimentos de larga vida útil y con tratamientos tecnológicos moderados para conservar sus cualidades naturales. Estas exigencias sólo pueden satisfacerse con un sistema de calidad que controle las limitaciones y los excesos de cada aplicación.

La tecnología de obstáculos puede disminuir la intensidad de cada tratamiento y con ello reducir sus efectos negativos en las propiedades organolépticas y nutricionales. La combinación de tratamientos también permite acumular o potenciar el efecto múltiple de los efectos positivos, generados con distintos mecanismos de acción. La conservación integrada de alimentos tiene como requisito esencial

la reducción de contaminación del alimento. Para ello es necesario implantar el sistema de análisis de peligros, identificación y control de puntos críticos para garantizar la seguridad del alimento.

7.2 Origen de la contaminación natural

El origen de la contaminación natural de los alimentos previa a su manipulación industrial, puede provenir de su contacto con elementos bióticos y abióticos del ambiente donde se encuentra: 1. El aire es la fuente de contaminación menos estudiada, pero la sedimentación de contaminantes químicos y biológicos en la superficie de los alimentos puede ser considerable en cualquier etapa de la cadena alimentaria, dependiendo de las emisiones atmosféricas, la ubicación geográfica y las corrientes de aire; 2. El agua contiene microorganismos propios del agua pero también puede recibir microorganismos del aire, del suelo, de las plantas y de los animales. El tratamiento sanitario del agua consumida en la industria de alimentos es vital y debe evitarse el contacto de las fuentes de agua con material cloacal; 3. El suelo es la fuente con mayor variedad de microorganismos, los cuales pueden llegar a los alimentos arrastrados por corrientes de aire y de agua, y ser depositados como polvo; por eso los alimentos deben lavarse al iniciar cualquier procesamiento. 4. Las plantas poseen una microflora superficial que varía con la especie, cuyo recuento depende de las condiciones de producción y puede causar deterioro; 5. Los animales pueden transmitir una flora de alto riesgo proveniente de su tracto intestinal, pezuñas, piel, pelos y plumas. Los insectos, los roedores y las aves también pueden destruir barreras de protección natural de las frutas y las hortalizas, abriendo vías de invasión microbiana; 6. Los humanos en contacto con los alimentos también pueden transmitir sus enfermedades, por ello es importante el certificado de salud de los manipuladores y su instrucción sanitaria para asegurar la práctica de normas higiénicas.

7.3 Causas de deterioro

La vida útil de los alimentos es variable porque sus características pueden sufrir cambios indeseables a lo largo del tiempo. Las causas de deterioro de los alimentos pueden clasificarse según su naturaleza en:

1. Físicas.
2. Químicas.
3. Bioquímicas.
4. Biológicas.

Los factores que causan la alteración física, química, bioquímica y biológica de los alimentos se clasifican en intrínsecos y extrínsecos, ellos son:

1. Temperatura.
2. Luz.
3. Acidez y pH.
4. Aire y oxígeno.
5. Humedad y sequedad.
6. Sustancias inhibidoras.
7. Sustrato disponible.
8. Pardeamiento no enzimático.
9. Enranciamiento.
10. Enzimas.
11. Microorganismos.
12. Aves, insectos, ácaros y roedores.

Este fraccionamiento es importante porque las estrategias de conservación se fundamentan en principios físicos, químicos, bioquímicos y biológicos para procesar alimentos que resulten en productos atractivos, útiles, seguros y duraderos.

7.4 Factores intrínsecos y extrínsecos

Los factores intrínsecos corresponden a las propiedades del alimento, que repercuten en la intensidad de multiplicación de las células microbianas, entre estos se encuentran:

1. pH: El pH es uno de los factores principales para la supervivencia y el crecimiento de determinadas especies microbianas, por lo tanto hay que considerarlo con el fin de prevenir las posibles alteraciones

provocadas por cada microorganismo capaz de crecer en alimentos con diferente pH. En la Tabla 7.1, se pueden observar los valores límites y óptimos de pH para el crecimiento de los microorganismos presentes en los alimentos.

Tabla 7.1
Valores límites y óptimos de pH para el crecimiento microbiano

Tipo de Microorganismos	pH		
	Máximo	Óptimo	Mínimo
Bacterias en general	11.0	6-7	4.5
Bacterias lácticas	10.5	5-6	3.2
Bacterias acéticas	9.2	5-6	4.0
Levaduras	8.-8.5	5-6.5	1.3-3.5
Mohos	8-11	4.5-6.8	1.5-3.5

2. Actividad del agua (A_w): Los microorganismos requieren de una cierta cantidad de agua disponible para crecer y llevar a cabo sus funciones metabólicas. La actividad de agua es la relación, a una temperatura dada, entre la presión del vapor de agua en el sustrato alimenticio y la presión de vapor del agua pura. Los valores de A_w requeridos para bacterias, levaduras y hongos se presentan en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2
Valores de actividad de agua para grupos de microorganismos

Microorganismos	A_w
Bacterias	≥ 0.91
Levaduras	≥ 0.88
Hongos	≥ 0.80

3. Potencial de óxido-reducción. El potencial redox es un factor selectivo para los microorganismos presentes en un alimento. De acuerdo a sus exigencias de oxígeno, los microorganismos se clasifican en tres grupos: aerobios estrictos, anaerobios facultativos y anaerobios obligados.

4. Contenido de nutrientes: La composición química de un alimento suele ser un factor importante para el crecimiento microbiano. Los microorganismos que pueden alterar los diferentes alimentos

necesitan de cinco grupos de compuestos químicos para poder vivir: el agua, una fuente de energía, una fuente de nitrógeno, vitaminas y sales minerales.

4. Presencia de sustancias con actividad antimicrobiana: Muchos alimentos manifiestan una cierta estabilidad frente a la invasión microbiana, debido a la presencia en ciertos alimentos de sustancias inhibitoras del crecimiento microbiano, entre las que podemos mencionar: La lisozima de la leche y huevos, lactoperoxidasa de la leche, el eugenol en el clavo y el aldehído cinámico en la canela.

5. Estructuras protectoras: Las estructuras protectoras ejercen una acción importante a la posibilidad de alteración microbiana. Los productos alimenticios, tanto de origen animal como vegetal, se recubren a menudo de una envoltura natural que les proporciona una protección del medio exterior y contribuyen a su estabilidad durante su conservación.

Los factores extrínsecos son todos aquellos factores que dependen del medio ambiente, entre los cuales se destacan: la temperatura de conservación, la humedad relativa del ambiente y la composición de dicho ambiente, como se explica a continuación:

1. Temperatura de conservación: Todos los microorganismos tienen una temperatura óptima de crecimiento. Los microorganismos termófilos crecen a temperaturas mayores de 45°C. Los mesófilos entre 20 y 45° C, y los psicrófilos a temperaturas entre 7 y 20° C. La mayor parte de los microorganismos proliferan en la zona de temperatura entre 20 y 40° C.

2. Humedad relativa del ambiente: Este factor está relacionado con la actividad de agua que posee el alimento. Al seleccionar las condiciones apropiadas para el ambiente de almacenamiento hay que ponderar tanto el riesgo de crecimiento de microorganismos en la superficie del alimento, como la estabilidad física del alimento, para mantener una calidad deseable.

3. Composición del medio ambiente: Las atmósferas modificadas permiten prolongar la vida útil de muchos alimentos. Se utilizan diferentes gases como N₂, CO₂, O₃.

7.5 Microorganismos que alteran los alimentos

Los microorganismos que alteran los alimentos pueden ser bacterias, hongos o levaduras, los cuales pueden ser inocuos para la salud humana o pueden causar intoxicaciones e infecciones alimentarias. En la Figura 7.1 se muestran las etapas que definen una curva típica del crecimiento de microorganismos en un sustrato favorable, desde su fase de latencia hasta el agotamiento de los recursos que causa su muerte. En

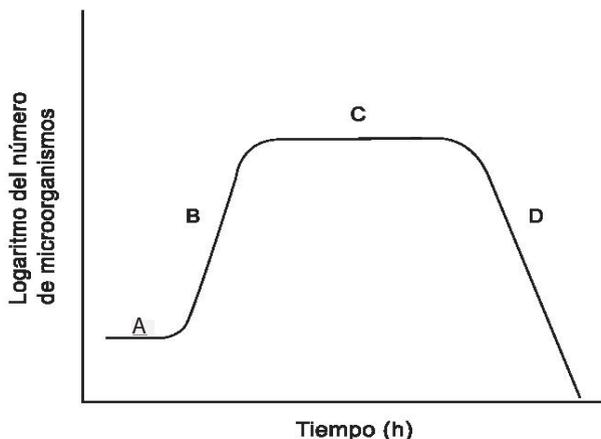


Figura 7.1 Curva de crecimiento de un microorganismo

Esta curva se divide en varias fases. Durante la fase de latencia (A) los microorganismos no crecen pero permanecen vivos esperando condiciones favorables para reproducirse.

En la fase logarítmica (B) el ritmo de crecimiento es máximo y constante. Cuando se alcanza la fase estacionaria (C), el número de microorganismos es máximo y permanece constante. Finalmente ocurre una fase de destrucción a velocidad constante (D) en la cual puede disminuir la población hasta acabarse porque se agotan los nutrientes.

Modificado de: Frazier, 1981

la bacteriología de los alimentos se reconocen grupos funcionales según la acción de sus enzimas, las cuales pueden causar deterioro o pueden ser deseables para inducir modificaciones controladas.

Debido a su gran diversidad, las bacterias se han clasificado para su caracterización. Según el tipo de sustrato donde actúan, se conocen bacterias: 1. Acéticas; 2. Butíricas; 3. Lácticas; 4. Lipolíticas;

5. Pectolíticas; 6. Propiónicas; 7. Proteolíticas; 8. Sacarolíticas; 9. Formadoras de mucílago.

Según la temperatura a la que crecen, como ya se explicó en los factores extrínsecos, se habla de bacterias: 1. Mesófilas (crecen a temperatura ambiente, 10-45°C, óptima 30-37°C); 2. Psicrófilas (sobreviven en bajas temperaturas hasta -15°C, óptima 10-15°C); 3. Psicrotrofas (mesófilas que pueden multiplicarse en refrigeración); 4. Termófilas (crecen a altas temperaturas, >45°C, óptima 50-80°C se llaman hipertermófilas si crecen a 100°C); 5. Termotrofas (mesófilas que pueden resistir tratamientos de pasteurización). Según la concentración de oxígeno en el sustrato, las bacterias pueden ser: 1. Aerobias (requieren oxígeno para multiplicarse); 2. Anaerobias (requieren ausencia de oxígeno para multiplicarse); 3. Aerobias o anaerobias facultativas (se adaptan a presencia o ausencia de oxígeno). Existen bacterias especializadas que crecen en medios de cultivo adversos por contener elevadas concentraciones de sal o de azúcar: 1. Halófilas (crecen en presencia de elevadas concentraciones de sal); 2. Osmófilas (crecen en presencia de elevadas concentraciones de azúcar). Por otro lado, hay una serie de características que permite orientar la identificación de las bacterias según sean: 1. Productoras de pigmentos; 2. Fermentadoras de ciertos azúcares; 3. Formadoras de esporas; 4. Enterobacterias o intestinales; 5. Piógenas o productoras de pus.

Quizás la clasificación de bacterias más utilizada en tecnología de alimentos está basada en el pH del sustrato (Ver Tabla 7.1), ya que permite orientar la búsqueda y prevenir contaminaciones según una variable muy familiar como lo es la acidez de los alimentos

Tabla 7.3
Clasificación de alimentos según su acidez

Clasificación según la acidez	Rango de pH	Grupos de alimentos	Microorganismos causantes de deterioro
ACIDEZ BAJA	> 5.3	Aves Carnes Pescado Leche Sopas Huevos	Bacterias mesófilas o termófilas anaerobias esporuladas.

ACIDEZ MEDIA	4.5 - 5.3	Auyama Espárragos Espinacas Pimentones Raviolis	Clostridium botulinum
ACIDEZ MARCADA	3.7 - 4.5	Duraznos Manzanas Piña Tomates	Bacterias no esporuladas
ACIDEZ ALTA	< 3.7	Cítricos Encurtidos Jaleas Mermeladas Moras Repollo agrio	Hongos y levaduras

7.6 Principios de conservación

La vida útil de los alimentos se puede extender con prácticas básicas como: 1. Iniciar el procesamiento con una materia prima que tenga bajos recuentos microbiológicos; 2. Prevenir el contacto con nuevos microorganismos; 3. Aplicar uno o más factores adversos en el sustrato; 4. Ocasionar alteraciones perjudiciales a los microorganismos con tratamientos destructivos.

Los factores que alteran los alimentos son de naturaleza multifactorial y se controlan con principios de conservación unificadores como el aislamiento del entorno (empaques), la disminución del pH (acidificación artificial, fermentación controlada) y del agua disponible (concentración, deshidratación, secado), el control de temperaturas (escaldado, pasteurización, esterilización, refrigeración, congelación) y del potencial de óxido-reducción (atmósferas controladas, vacío, gases inertes), el empleo de sustancias inhibitoras (aditivos, ahumado), aumento de las defensas del consumidor (nutracéuticos, OGM, probióticos).

7.7 Efecto barrera, inactivación, eliminación de microorganismos

En la Tabla 7.2 se sintetiza la acción que estos principios y métodos de conservación causan sobre los microorganismos, en tres grupos: 1. Efecto barrera; 2. Inactivación; 3. Eliminación. Las barreras son obstáculos para evitar el asentamiento y el desarrollo de los microorganismos que utilizan alimentos como sustratos. La inactivación de los microorganismos ya sedimentados en los alimentos es otra estrategia que aplica principios de destrucción física, química, bioquímica o biológica. Comercialmente es válido evitar, inactivar o destruir microorganismos de deterioro para conservar alimentos industrializados, es menos costoso y más factible que extraer los microorganismos del alimento para su eliminación.

Tabla 7.2
Acción de métodos de conservación de alimentos sobre los microorganismos

Acción sobre los Microorganismos	CONSERVACIÓN	
	Principios	Métodos
EFECTO BARRERA		
	Atmósferas pobres en O ₂	Atmósferas controladas Gases inertes Vacío
	Bajas temperaturas	Congelación Refrigeración
	Reducción de Aw	Concentración Deshidratación Liofilización
	Recubrimientos	Aceite Azúcar Sal Hongos
	Sustancias inhibidoras	Fermentación Controladores de Aw Controladores de pH OGM
	Aumenta defensas	Probióticos Nutracéuticos

INACTIVACIÓN		
	Altas temperaturas	Enlatado Escaldado Esterilización Pasteurización
	Antisépticos	Ácidos Alcoholes Sustancias inhibidoras
	Ionizantes	Irradiación
	Mecánicos	Altas presiones
	Mixtos (calor y mecánico)	Cocción-extrusión
	Pulsos	Luminosos Campos eléctricos Campos magnéticos
ELIMINACIÓN		
	Separación física	Filtración Ultrafiltración

Modificado de: Casp & Abril, 1998.

7.8 Métodos combinados de conservación de alimentos

Las técnicas de conservación de alimentos se basan en el control de los factores que influyen en la supervivencia, el crecimiento y el desarrollo de los microorganismos: 1. Temperatura; 2. Luz; 3. Acidez y pH; 4. Potencial de óxido-reducción; 5. Aw; 6. Sustancias inhibidoras; 7. Sustrato disponible. Estos factores que originan los principios de conservación se estudian en forma aislada pero se aplican combinados en los alimentos a fin de extender su vida útil y de reducir la intensidad de tratamientos individuales. De esta manera aumenta la efectividad del tratamiento y se conservan mejor las propiedades químicas, microbiológicas, organolépticas y nutricionales.

Diversas expresiones se refieren a esta visión de métodos interrelacionados que no figura en libros menos modernos de conservación alimentaria. En la actualidad se habla de métodos combinados, técnicas combinadas, conservación combinada, conservación integrada, barreras múltiples, tecnología de barreras, tecnología de obstáculos.

Casi siempre los métodos de conservación de alimentos son combinados, como si se tratase de la conservación del tratamiento aplicado. Podría pensarse en un método primario y en métodos secundarios para conservar los alimentos, según su orden de aplicación, mas no de importancia porque la duración del producto dependerá del conjunto aplicado. En esta línea de pensamiento, podría entenderse que hay un método responsable de la reducción de microorganismos y otros refuerzan los obstáculos para su reproducción en la matriz generada por el método primario.

En el caso de la leche pasteurizada, el tratamiento térmico se acompaña de un empaque y de almacenamiento refrigerado para retardar la proliferación microbiana. El maní tostado se conserva además con aditivos antioxidantes y empaque al vacío para evitar la rancidez. En la leche condensada se disminuye la actividad de agua por evaporación y por adición de azúcar, esta condición se conserva en un empaque al vacío. En el vino se inhibe la flora con alcohol, se filtra, se embotella al vacío y se controla la luz con vidrios verdes o ambarinos en aquellas variedades susceptibles a la decoloración. En los vinos madurados el almacenamiento se utiliza inclusive para mejorar la calidad del producto.

Ejercicios

E 7.1

Elaborar una lista de microorganismos causantes de deterioro de papas.

E 7.2

Colocar un pan debajo de una pirámide y otro afuera. Comparar 1-7 días.

Controversias en debate (CED)

CED 7.1

¿Ayuda alimentaria o subsidios a la exportación?

“La ayuda alimentaria admite un doble criterio de clasificación: en función de su donante y en función de su utilización. Muchas

veces resulta difícil discernir con claridad qué programas entran en la categoría de ayuda alimentaria o en la de subsidios a la exportación, existiendo una amplia zona gris entre ambas.”

<http://dicc.hegoa.efaber.net/listar/mostrar/17>
(Recuperado el 15.12.06)

CED 7.2

Seguridad alimentaria y calidad de vida

“La seguridad alimentaria se vincula con la erradicación de la pobreza, la paz, la utilización sostenible de los recursos naturales, el comercio equitativo y la prevención de las catástrofes naturales; por ello se asocia con la calidad de vida. Sin embargo, la sostenibilidad de las tecnologías en las cuales se basa la intensificación de la agricultura se pone cada vez más en tela de juicio porque debilita los ecosistemas y la biodiversidad, disminuye la inocuidad de los alimentos por el uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes en sistemas intensivos”.

<http://www.fao.org/docrep/meeting/003/Y0527s.htm>
(Recuperado el 15.10.06)

Referencias

- Casp A, Abril J (1998) *Procesos de Conservación de Alimentos*. A Madrid Vicente Ediciones & Ediciones Mundi-Prensa; Madrid, España; 494 pp.
- Cheftel JC, Cheftel H (1976) *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 333 pp.
- Frazier WC(1981) *Microbiología de Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 512 pp.
- Potter NN (1978) *La Ciencia de los Alimentos*. Harla; México D.F., México; 749 pp.

Capítulo 8

Altas temperaturas

Patricia Vit

En la literatura de tecnología de alimentos el procesamiento térmico sólo se refiere a la aplicación de altas temperaturas; sin embargo, la conservación de los alimentos se logra con cambios de la temperatura ambiental bien sea con temperaturas muy altas o muy bajas. Las temperaturas elevadas se aplican durante el procesamiento mientras que las temperaturas bajas sirven además para almacenar los alimentos. En este capítulo se presentan los fundamentos de la conservación por altas temperaturas. Se define el concepto de calor y las clases de calor, junto con las unidades de calor. Se contrastan los tipos de transferencia de calor. Se menciona cómo se realiza la medición de la penetración de calor. Se presenta el concepto de termorresistencia. Se analizan los factores que afectan la termorresistencia y se muestran las curvas de destrucción térmica o curvas TDT. Se mencionan los métodos de tratamiento térmico y equipos utilizados para la cocción, el escaldado, la pasteurización, y la esterilización. Se presenta un diagrama de flujo para la obtención de cereales extruídos. Finalmente, se sugieren dos ejercicios con alimentos enlatados y pasteurizados. Se discuten dos controversias sobre la presencia de un químico nocivo en los enlatados y la posibilidad de utilizar la toxina botulínica como arma biológica.

Esta estampilla se utilizó para conmemorar al inventor de la conservación de alimentos sellados herméticamente en un envase sometido a altas temperaturas.

http://gallery.sjsu.edu/paris/mass_produced_art/specialed.htm



Contenido

- 8.1 Fundamentos de la conservación por altas temperaturas
- 8.2 Calor
 - 8.2.1 Unidades de calor
 - 8.2.2 Clases de calor
 - 8.2.3 Tipos de transferencia de calor
 - 8.2.4 Medición de la penetración de calor
- 8.3 Termorresistencia
 - 8.3.1 Factores que afectan la termorresistencia
 - 8.3.2 Curvas de destrucción térmica o curvas TDT
- 8.4 Métodos de tratamiento térmico y equipos utilizados
 - 8.4.1 Cocción
 - 8.4.2 Escaldado
 - 8.4.3 Pasteurización
 - 8.4.4 Esterilización
- 8.5 Obtención de cereales extruídos

Altas temperaturas

8.1 Fundamentos de la conservación por altas temperaturas

La aplicación de altas temperaturas en los alimentos se realiza con distintos grados de intensidad. La aplicación cotidiana es para cocinar los alimentos a fin de hacerlos más palatables y digeribles. En las industrias también hay sistemas de cocción pero el uso más notable de las altas temperaturas es como método de conservación porque elevadas dosis de calor destruyen la flora bacteriana.

8.2 Calor

Es una forma de energía que fluye de un cuerpo a otro cuando existe diferencia de temperatura. Ocurre en dirección del cuerpo más caliente al más frío, a una velocidad que depende de la diferencia de temperatura y de la resistencia que ofrece el medio de la transmisión al flujo de calor. La transferencia cesa cuando la temperatura de los dos cuerpos se iguala. Como todos los tipos de energía, el calor cumple los dos grandes principios de la termodinámica: 1. La energía no se crea ni se destruye, se transforma. 2. La energía potencial del estado final es menor que la del estado inicial. La entropía aumenta con el tiempo.

8.2.1 Unidades de calor

La unidad inglesa se conoce como BTU (del inglés British thermal unit) y se define como el calor requerido para elevar la temperatura de 1 lb de agua en 1°F. En el sistema decimal se utilizan la caloría para expresar la cantidad de calor requerido para elevar la temperatura de 1 g de agua en 1°C.

8.2.2 Clases de calor

El calor sensible está asociado con cambios de temperatura y se calcula multiplicando la masa por calor específico por el cambio de temperatura observado. El calor latente está asociado con cambios de estado y se calcula multiplicando la masa por el calor latente de congelación o de vaporización, dependiendo del cambio de fase asociado. En la Figura 8.1 se muestra el calor requerido para formar vapor de agua a partir de 1 lb de hielo. Se puede observar que la temperatura permanece constante en los dos cambios de fase, de hielo a líquido (32°F) y de líquido a vapor (212°F). La energía calórica requerida en el primer cambio de fase, para pasar de hielo a líquido, es de 144 BTU mientras que para pasar de líquido a vapor se suman 970.4 BTU, con lo cual se explica el alto poder calórico del vapor.

8.2.3 Tipos de transferencia de calor

El calor se transfiere de un cuerpo a otro de distintas maneras:

Por conducción, cuando ocurre un intercambio directo de energía molecular de una sustancia caliente a una más fría.

Por convección, cuando la transmisión de calor ocurre por movimiento de los fluidos, causado por diferencias de densidad en la convección natural y por fuerzas externas como la agitación o el bombeo en la convección forzada.

Por radiación, cuando el calentamiento se produce por ondas electromagnéticas, como los rayos infrarrojos del espectro luminoso. El calentamiento por conducción es mucho más lento que el calentamiento por convección.

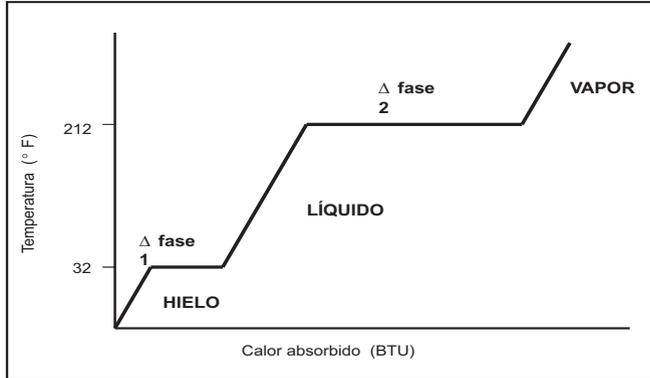
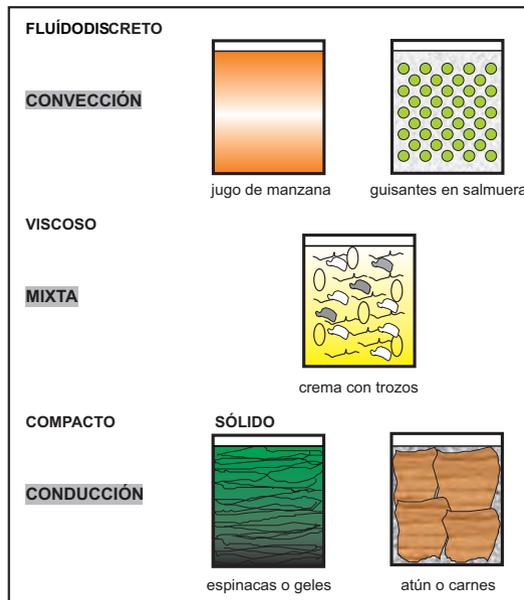


Figura 8.1 Formación de vapor de agua a partir de hielo

Qsensible	$\Delta T (X-32 \text{ }^\circ\text{F})$	HIELO	m.Ce. ΔT	
Qlatente	$\Delta \text{fase 1}$	HIELO-LÍQUIDO	m. λ_{con}	144.0 BTU
Qsensible	$\Delta T (32-212 \text{ }^\circ\text{F})$	LÍQUIDO	m.Ce. ΔT	180.0 BTU
Qlatente	$\Delta \text{fase 2}$	LÍQUIDO-VAPOR	m. λ_{vap}	970.4 BTU
Qsensible	$\Delta T (212-X \text{ }^\circ\text{F})$	VAPOR	m.Ce. ΔT	0.47 BTU/ $^\circ\text{F}$

En la Figura 8.2 se ilustran los tipos de transferencia de calor que ocurren en los enlatados según su contenido de alimentos fluidos, sólidos o mezclas de ellos.



8.2.4 Medición de la penetración de calor

La eficiencia de los tratamientos térmicos se comprueba con mediciones de penetración de calor en los alimentos así procesados. Para tal fin se utilizan sensores de calor conocidos como termocuplas. Estos sistemas están formados por dos alambres diferentes (e.g. cobre constantano) fundidos en un extremo. A cada temperatura se produce una diferencia de potencial que se puede medir con un potenciómetro acoplado y traducir en unidades de temperatura. Las termocuplas suelen tener forma de agujas que permitan su fácil inserción en los envases a estudiar y alcanzar el punto frío del recipiente. Tanto en frascos como en latas cilíndricas colocadas verticalmente en sistemas de esterilización fijos, el punto frío se encuentra en el tercio inferior. En los frascos la termocupla debe insertarse por la tapa. En las latas se inserta en la pared lateral a la altura del punto frío.

8.3 Termorresistencia

8.3.1 Factores que afectan la termorresistencia

Especial interés se dirige a las bacterias esporuladas *Bacillus* y *Clostridium* porque son las más resistentes a los tratamientos térmicos. Cuando la bacteria esporula, el protoplasma se condensa y adquiere un aspecto deshidratado, cristalino y más resistente a la acción de agentes químicos y físicos. La resistencia de los microorganismos expuestos al calor es variable en función de diversos factores:

1. Concentración inicial de esporas.
2. Condiciones previas de bacterias y esporas (fase de crecimiento, sustrato, deshidratación, temperatura de incubación).
3. Sustancias protectoras de la termorresistencia (glucosa, sales, grasas).
4. Relaciones tiempo-temperatura.

8.3.2 Curvas de destrucción térmica o curvas TDT

En tecnología de alimentos se entiende la muerte bacteriana como la pérdida de la habilidad de reproducirse. Las curvas del tiempo de

muerte térmica (TDT, del inglés thermal death time) permiten calcular gráficamente los parámetros de termorresistencia de las esporas. A una temperatura dada, D es el tiempo de calentamiento medido en minutos, necesario para reducir el número de microorganismos a una décima parte de la población inicial o en un ciclo logarítmico. D se utiliza para estimar procesos de esterilización confiables, con combinaciones de tiempo y temperatura para reducir en un 90% los microorganismos esporulados que representan riesgos en los alimentos enlatados. En la Figura 8.3 se muestra una curva con $D = 5$ min. Según la clasificación de alimentos en rangos de pH, el tiempo requerido para esterilizaciones confiables de alimentos enlatados con pH mayor que 4.5 es $D = 12$ min y para alimentos con pH entre 4.3 y 4.5 es $D = 20$ min. En los alimentos más ácidos crecen microorganismos más termolábiles y por ello se inactivan con exposiciones al calor más cortas. La termorresistencia de cualquier microorganismo se designa por el valor c (número de minutos requeridos para su destrucción a $121\text{ }^{\circ}\text{C}$) y el valor z (número de $^{\circ}\text{C}$ requerido para que la curva de muerte térmica atraviese un ciclo logarítmico o para reducir D a una décima parte de su valor). En la Figura 8.4 puede observarse una curva con $z = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $c < 1$ min. En la Tabla 8. 1 se muestran los valores D y z para algunos alimentos y microorganismos.

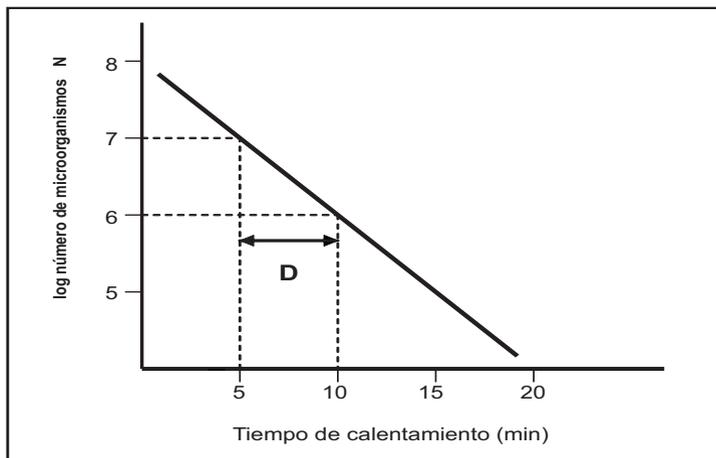


Figura 8.3 Tiempo de reducción decimal

D es el tiempo de calentamiento medido en minutos, necesario para reducir el número de microorganismos en un ciclo logarítmico, o en una unidad si se grafica el log N en las ordenadas. En esta curva $D = 5$ min.

pH	D (min)	D se utiliza para estimar combinaciones de tiempo y temperatura para reducir en un 90% los microorganismos esporulados que representan riesgos en los alimentos enlatados. En la tabla anexa se aprecia que el mayor tiempo de calentamiento se requiere en alimentos con pH 4.3 – 4.5, donde crecen los esporulados más termorresistentes.
< 3.9	1	
3.9 – 4.3	10	
4.3 – 4.5	20	
> 4.5	12	

Modificado de: Desrosier, 1980

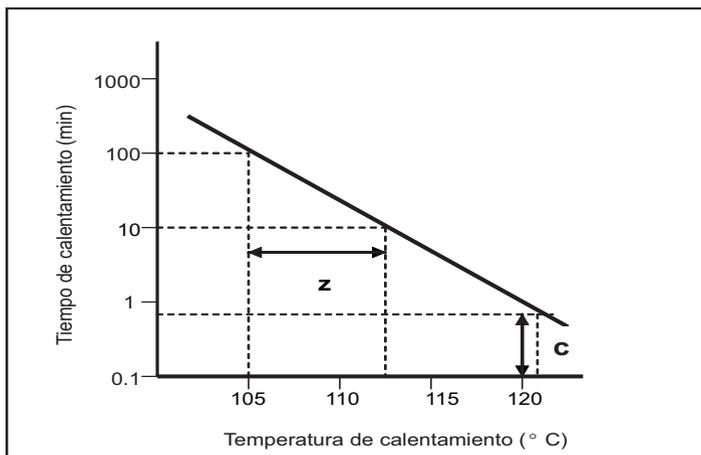


Figura 8.4 Curva del tiempo de muerte térmica de esporas
 La termorresistencia de cualquier microorganismo se designa por el valor c (número de minutos requeridos para su destrucción a 121 °C) y el valor z (número de °C requeridos para que la curva de muerte térmica atraviese un ciclo logarítmico). En esta curva z = 7.5°C y c < 1min.

Modificado de: Desrosier, 1980

Tabla 8.1
 Termorresistencia de algunas bacterias, componentes químicos y atributos organolépticos de los alimentos

Componente o atributo	T (°C)	D (min)	z (°C)
MICROORGANISMOS			
<i>Bacillus subtilis</i> 5230			
en agua	121	6	8
en buffer fosfato	121	22	9
<i>Clostridium botulinum</i> 213 B			
en vegetales	121	7	10
en buffer fosfato	110	96	10

VITAMINAS			
Ácido pantoténico	121	138	36
Vit A	122	2	23
Vit B ₁	150	1	22
Vit B ₆	121	24	45
Vit C	121	50	18
ENZIMAS			
Pectinesterasa	80	17	8
Peroxidasa	120	1	28
Polifenoloxidasa	89	< 1	8
TEXTURA			
Arroz	75	5	35
Zanahorias	121	1	47
COLOR			
Espinacas (pigmentos verdes)	149	2	51
Leche (pardeamiento)	130	< 1	27
Uva (pigmentos rojos)	121	7	55

Modificado de: Casp & Abril, 1998.

8.4 Métodos de tratamiento térmico y equipos utilizados

Las aplicaciones de calor para tratar los alimentos abarcan desde la cocción y los pre-tratamientos de escaldado, hasta la pasteurización y la esterilización que son los tratamientos térmicos utilizados para controlar la flora bacteriana.

8.4.1 Cocción

Los tratamientos térmicos además de conferir estabilidad y seguridad a los alimentos, ocasionan una serie de cambios que suelen aumentar la palatabilidad y se conocen como cocción. Para tratamientos térmicos de letalidad equivalente, las exposiciones a altas temperaturas por corto tiempo, alteran menos la textura y el sabor de los alimentos que las exposiciones a bajas temperaturas por largo tiempo.

Los macronutrientes expuestos al calor presentan cambios químicos y nutricionales que modifican las características del alimento original:

Las proteínas se desnaturalizan y con ello:

1. La actividad enzimática se detiene.
2. Aumentan los grupos sulfhidrilos libres.
3. Cambia la disponibilidad de proteínas para la hidrólisis enzimática.
4. Disminuye el poder de retención de agua.
5. Hay aumento de viscosidad porque cambia la solubilidad proteica y se forman geles.
6. Cambian los colores; por ejemplo, la carne roja se torna marrón, el pescado rosado cambia a blanco y la clara de huevo cristalina se torna opaca y blanca.
7. Mejora el sabor de la carne, los huevos y el pescado.
8. Aumenta la digestibilidad porque las proteínas desnaturalizadas son más sensibles a los jugos digestivos.
9. Los carbohidratos de distinta naturaleza se modifican así:
10. Se degradan las pectinas y disminuye el poder gelificante.
11. Se gelatiniza el almidón y aumenta el poder gelificante.
12. Ocurre oscurecimiento no enzimático mediante las reacciones de Maillard.

La caramelización es una pirrólisis o descomposición térmica de los azúcares.

Los lípidos invariablemente se funden:

1. Las grasas y aceites presentan rancidez hidrolítica porque aumentan los ácidos grasos libres y rancidez oxidativa porque aumentan los peróxidos.
2. Ocurre fusión de grasas que impregnan las superficies deshidratadas y restablecen la untuosidad inicial.
3. Los lípidos se estabilizan en el calor húmedo y en ausencia de O_2 .
4. Si la temperatura es demasiado elevada, las grasas producen acroleína que confiere sabor amargo a la carne y aumenta su dureza.

El agua sufre varias modificaciones en distintos lugares del alimento:

1. En la superficie se evapora y causa desecación superficial de los alimentos.
2. Parte del agua libre se transforma en agua ligada.
3. En el interior se transforma en vapor y causa textura infladas.
4. Absorbe gran cantidad de calor y desacelera los intercambios de calor.

Las vitaminas son los micronutrientes más afectados en los tratamientos térmicos:

1. La tiamina es termolábil.
2. La riboflavina es termorresistente pero fotolábil.
3. El ácido ascórbico es termolábil, precipita en presencia de Cu y se oxida en presencia de O₂ y oxidasas.
4. La vitamina A es relativamente termorresistente pero se oxida fácilmente.
5. La vitamina D es muy termolábil y oxidable.

Los sistemas de cocción por cargas son los hornos para productos de panadería y las marmitas abiertas que pueden ser aisladas o con camisa de calefacción, con tapa abatible o sin tapa. Los sistemas continuos pueden ser por inmersión en líquidos de cocción o por extrusión. La extrusión consiste en aplicar altas presiones para hacer pasar una pasta a través de un pequeño orificio con uno o dos tornillos de Arquímedes. La extrusión simple sólo mezcla y modela el producto, mientras que la cocción por extrusión también transforma el ordenamiento molecular porque el agua sobrecalentada produce una expansión característica al salir de la boquilla del extrusor, dependiendo de su forma y las condiciones de temperatura y presión. Con la extrusión térmica se logran texturas, aromas y colores característicos; también mejora la digestibilidad de productos amiláceos en el proceso mezclado-cocción-formado, como el ilustrado en la Figura 4.5.

8.4.2 Escaldado

Es un calentamiento moderado y de corta duración. Suele ser una operación previa al tratamiento térmico utilizado para destruir microorganismos. Las funciones del escaldado son:

1. Eliminar los gases atrapados en los tejidos de los alimentos.

2. Facilitar el envasado de alimentos menos voluminosos, más flexibles y más compactables.
3. Aumentar la densidad del alimento y evitar que flote en el líquido de gobierno.
4. Disminuir el oxígeno residual en el interior del envase, el cual es indeseable porque oxida el ácido ascórbico.
5. Formar vacío.
6. Fijar colores.
7. Asentar el almidón.
8. Inactivar las enzimas, especialmente en alimentos que serán congelados o deshidratados.
9. Desengrasar el atún antes de enlatarlo.
10. Facilitar la eliminación del caparazón de los crustáceos.

Los equipos utilizados para escaldar se conocen como escaldadores. Tienen dos sistemas de funcionamiento: 1. Por vapor con cortinas de agua, cierres hidráulicos o lechos fluidizados; 2. Por agua con duchas en contracorriente.

8.4.3 Pasteurización

Este método lleva el nombre de Louis Pasteur y no alcanza temperaturas de 100°C. Es suficiente para destruir las formas vegetativas de los microorganismos patógenos sin afectar las características organolépticas, en combinaciones de temperatura-tiempo conocidas como HTST (del inglés high temperature short time, altas temperaturas tiempo corto) 72-75°C durante 15 seg y LTLT (del inglés low temperature long time, bajas temperaturas tiempo largo) 61-63 °C durante 30 min. Es adecuado para alimentos que se dañarían con tratamientos térmicos más elevados, para preparar la leche utilizada en la elaboración del queso, para inactivar microorganismos termolábiles como las levaduras en los jugos, para preparar sustratos en las fermentaciones alimentarias, para disolver cristales en la miel de abejas.

Por ser un tratamiento térmico suave, la pasteurización debe acompañarse de otros métodos de conservación complementarios como la refrigeración, el empaque para aislar el alimento, la disminución de A_w por elevadas concentraciones de azúcar o el uso de aditivos alimentarios.

Los equipos utilizados para pasteurizar alimentos líquidos sin envasar son intercambiadores de calor que pueden tener circulación de flujo en contracorriente o en paralelo, pueden ser de tubos coaxiales corrugados, de superficie rascada, multitubulares de envolvente o de placas. Los intercambiadores de calor de placas son muy eficientes para líquidos de baja viscosidad como la leche y permiten la aplicación de tratamientos continuos HTST. El tratamiento LTLT de la leche se realiza por cargas en marmitas o en tanques de calentamiento. La pasteurización de productos envasados puede realizarse por inmersión en baño de agua o con agua pulverizada

8.4.4 Esterilización

A diferencia de la pasteurización, la esterilización es un tratamiento térmico intenso realizado a temperaturas superiores a los 100°C, a fin de destruir la flora patógena más termorresistente que es la esporulada y la flora banal, para garantizar la salud pública y estabilizar los alimentos en envases almacenados a temperatura ambiente. El concepto de esterilización comercial se aplica para indicar que no han sido destruidos todos los microorganismos, sino que han sido reducidos a un valor que garantiza la inocuidad y la conservación del alimento.

La esterilización puede practicarse antes o después del envasado. El enlatado es un tipo de esterilización inventado por Nicolas Appert antes del año 1800 para conservar la comida de los soldados de Napoleón, motivo por el cual se le conoció como el arte de apertizar o apertización. Los equipos utilizados para enlatar alimentos pueden ser por cargas o continuos, utilizan vapor de agua saturado, mezclas de vapor de agua/aire o agua sobrecalentada, aplicados por inmersión o por lluvia. Los sistemas continuos utilizan esterilizadores hidrostáticos, neumohidrostáticos o con llama directa.

Las latas tienen un sello lateral y un sello de la base. El sello de la tapa se realiza luego de envasar el alimento y consta de dos operaciones. En la primera se engancha con el reborde del cuerpo y en la segunda se aplasta de manera que hay cinco capas de hojalata comprimida (Ver Figura 8.5). Los defectos en el sellado pueden causar alteraciones microbiológicas por contaminación a través de fugas y vacío insuficiente. Los insertados pueden ser largos o cortos, pueden

estar flojos o presentar irregularidades, pueden alargarse en la costura. Los ganchos tanto del cuerpo como de la tapa, pueden ser cortos o largos, presentar arrugas o surcos profundos, pueden ser resbalantes, con picos o con pestañas.

La inspección de las latas requiere una selección de la muestra a la que se aplica el siguiente procedimiento: 1. Inspección general para buscar defectos; 2. Evaluación de los insertados midiendo su longitud, grosor, profundidad de surco, alargamiento, arrugamiento y gancho; 3. Evaluación de la costura soldada. El criterio de calidad satisfactoria es la impermeabilidad a los gases.

Los productos sin envasar pueden esterilizarse si son poco viscosos y pueden ser bombeados. La uperización, conocida como tratamiento UHT (del inglés ultra high temperature, temperatura ultra elevada) está en el rango de temperaturas de 135-150°C aplicadas durante 4-15 seg. El procesamiento UHT se conoce también como procesamiento aséptico porque el alimento esterilizado debe mantenerse en condiciones asépticas hasta ser envasado estérilmente y sellado para garantizar su conservación sin reinfecciones.

Los sistemas directos UHT ponen en contacto el alimento con el vapor de agua, bien sea inyectando vapor en el producto o inyectando el producto en el vapor. Los sistemas indirectos UHT utilizan intercambiador de calor por placas.

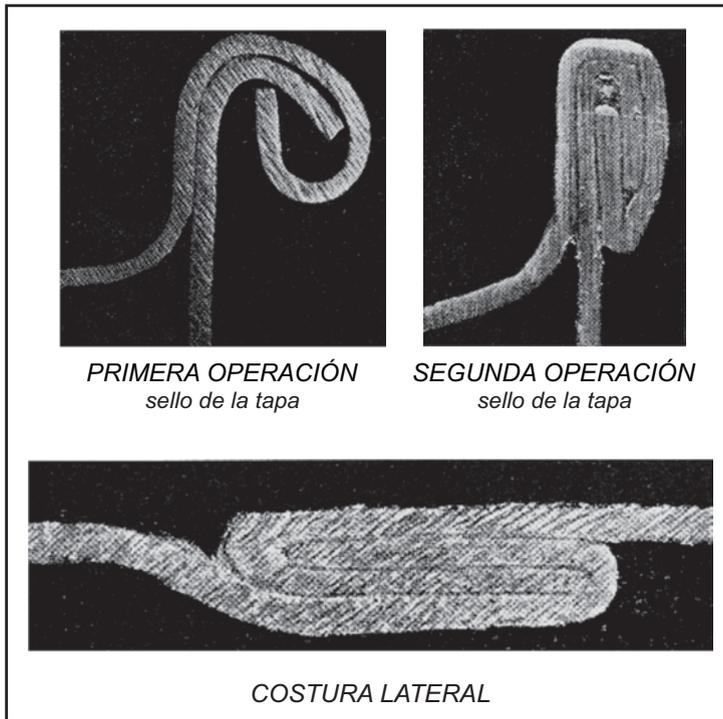


Figura 8.5 Sellos de una lata

Durante la primera operación, el fondo de la lata se engancha con el reborde del cuerpo. A continuación se presiona la pestaña del fondo contra el reborde del cuerpo, aplastándose ambas pestañas en la segunda operación.

La costura lateral del cuerpo de la lata es una costura engatillada.

Tomado de: Hersom y Hulland, 1974

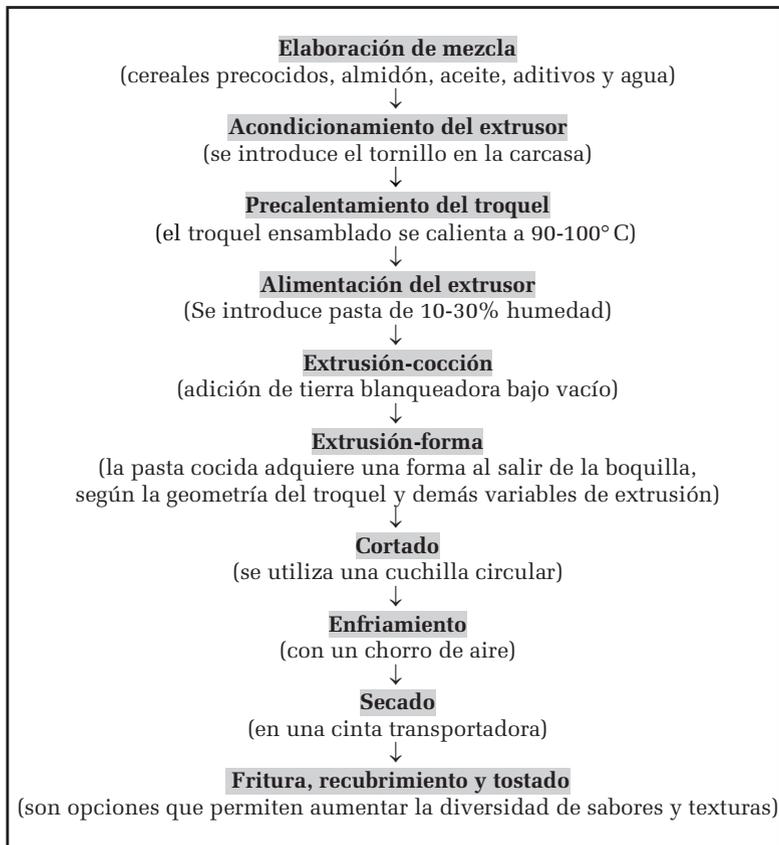


Figura 8.6 Extrusión de cereales.
Tomado de: Harper, 1981

8.5 Obtención de cereales extruídos

Ejercicios

E 8.1

Observar la costura lateral de diversos tipos de lata.

E 8.2

Comparar la vida útil de leche pasteurizada conservada a temperatura ambiente y refrigerada.

Controversias en debate (CED)

CED 8.1

El debate del bisfenol. Un químico sospechoso de las botellas plásticas y los enlatados

“Si usted es como muchos lectores *del Green Guide*, tratará de elegir los alimentos que contengan el mínimo posible de químicos nocivos tales como plaguicidas. Pero si consume sopas, verduras y bebidas enlatadas, sean orgánicas o no, también podrá estar ingiriendo residuos del controvertido químico bisfenol A (BPA), que puede filtrarse del revestimiento de las latas a los alimentos. Casi todos los revestimientos contienen BPA. Dependiendo de con quién se hable, el policarbonato es perfectamente seguro o un riesgo para la salud. La industria de los plásticos dice que es inocuo, pero un número creciente de científicos están llegando a la conclusión, basados en algunas pruebas en animales, de que la exposición del feto al BPA aumenta el riesgo de algunos tipos de cáncer, afecta la fertilidad y podría ser un factor en los problemas conductuales de la infancia como la hiperactividad. Según sus críticos, el BPA imita el estrógeno natural, una hormona que es parte del sistema endocrino. Según otro grupo de científicos, los niveles de BPA que se filtran a los alimentos están muy por debajo de los umbrales de seguridad establecidos por la EPA (Agencia de protección del medio ambiente).”

<http://www.e-greenguide.com/doc/114-S/bpa>
(Recuperado el 07.07.06)

CED 8.2

La toxina botulínica podría ser un arma biológica

Producida por el bacilo *Clostridium botulinum*. En circunstancias normales, esta toxina se ingiere a través de alimentos enlatados. Es posible utilizar esta toxina como arma biológica. Irak admitió ante las Naciones Unidas haber investigado con las toxinas botulínicas antes de la Guerra del Golfo Pérsico. Información posterior (1995) ha demostrado no solo que Irak investigó en estas toxinas, sino que había sido utilizada para llenar más de 100 municiones.

<http://www.tecnociencia.es/especiales/guerraquimica/armasbiologicas/toxinas.htm>
(Recuperado el 10.07.06)

Referencias

- Casp A, Abril J (1999) *Procesos de Conservación de Alimentos*. A Madrid Vicente Ediciones & Ediciones Mundi-Prensa; Madrid, España; 494 pp.
- Cheftel JC, Cheftel H (1976) *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 333 pp.
- Desrosier NW (1980) *Conservación de Alimentos*. Editorial Continental; México DF, México; 423 pp.
- Harper JM (1981) *Extrusion of Foods*. Volume II. CRC Press; Boca Ratón, USA; 174 pp.
- Hersom AC, Hulland ED (1974) *Conservas Alimenticias*. Editorial acribia; Zaragoza, España; 360 pp.

Capítulo 9

Bajas temperaturas

Patricia Vit

La transferencia de calor desde los alimentos hacia el medio ambiente, permite su enfriamiento o inclusive su congelación. Este tipo de conservación ocurre en la naturaleza polar, de montaña, en las altas latitudes y durante los inviernos. La vida útil de los alimentos se extiende porque con la refrigeración las reacciones enzimáticas y el crecimiento microbiano se retrasan, e inclusive se detienen durante la congelación. El proceso de obtención de alimentos conservados por bajas temperaturas permite vincular los conceptos teóricos de este capítulo con el uso cotidiano de los alimentos colocados en la nevera y en los congeladores, el consumo de hielo y de helados. Se explica cómo ocurre la congelación de los alimentos y cuáles son los efectos causados tanto por la congelación como por la descongelación. Es necesario entender un equipo básico de refrigeración y conocer las propiedades de los refrigerantes para saber cómo funcionan las neveras, las cavas y los diferentes tipos de congeladores (contacto directo, convección de aire, criogénicos). Se ilustra la ecuación del cálculo de cargas térmicas de refrigeración y de congelación. Se discuten los parámetros considerados en los procesos de refrigeración y de congelación. Con un diagrama de flujo de la producción de helados se introduce el concepto de sobreabundamiento y se explican los defectos causados por fallas de formulación o de procesamiento.

Finalmente se sugieren dos ejercicios comparativos sobre la deshidratación causada por la congelación, y el sangrado ocasionado durante la descongelación. Se presentan dos controversias debatibles sobre el consumo de bebidas heladas y la pérdida de micronutrientes durante la congelación.

“Las células madre son componentes vírgenes. Pueden reconstruir las células afectadas por ciertas enfermedades y son capaces de recrear todas las células sanguíneas del sistema inmunológico. Tienen la virtud de transformarse y diversificarse en cualquiera de los 220 tipos de células que hay en el organismo”. No sólo se conservan alimentos por congelación sino la vida misma se puede conservar en bancos de criogenia, congelando células potenciales.

(Canelas, 2006)

Contenido

- 9.1 Fundamentos de la conservación por bajas temperaturas
- 9.2 Refrigeración
- 9.3 Congelación
- 9.4 Equipo básico de un sistema de refrigeración
- 9.5 Propiedades de los refrigerantes
- 9.6 ¿Cómo ocurre la congelación en los alimentos?
- 9.7 Efectos del enfriamiento y la congelación en la estabilidad bioquímica y microbiológica de los alimentos
- 9.8 Efectos de la descongelación en los alimentos
- 9.9 Cálculos de cargas térmicas de refrigeración y de congelación
- 9.10 Parámetros considerados en los procesos de refrigeración y congelación
- 9.11 Equipos de refrigeración y de congelación
- 9.12 Obtención de helados

Bajas temperaturas

9.1 Fundamentos de la conservación por baja temperaturas

La aplicación de bajas temperaturas para conservar los alimentos se fundamenta en retardar o detener los procesos de las reacciones químicas, enzimáticas y la reproducción de microorganismos. La vida útil del alimento se extiende porque el deterioro es más lento. En la congelación además de la reducción de temperatura, disminuye el agua disponible para la vida porque se cristaliza para formar hielo.

La industria del frío requiere de equipos especiales para remover el calor de los alimentos, conocidos como neveras o congeladores según la temperatura de almacenamiento refrigerado o congelado. Sin embargo existe el frío de la naturaleza, como la estructura de piedras con nieve ilustrada en la Figura 9.1.



Figura 9.1 Almacenamiento en frío natural

Fuente: <http://refugioderosa.webcindario.com/paisajes/VALENCIA/nevera.jpg>

Los factores que deben cuidarse durante la conservación de los alimentos por refrigeración y congelación son:

1. Temperatura.
2. Humedad relativa.
3. Circulación del aire.
4. Emisión de compuestos volátiles.
5. Densidad de almacenamiento.
6. Renovaciones de aire.

9.2 Refrigeración

La refrigeración disminuye la temperatura de alimentos frescos y procesados durante distintas etapas de la cadena de producción y manufactura. En la Tabla 9.1 se muestran algunos valores de vida útil de alimentos refrigerados, con las variables de temperatura y humedad relativa.

Tabla 9.1
Condiciones de almacenamiento refrigerado de alimentos

Producto	Temperatura (°C)	% HR	Duración
CARNES			
Cerdo	0 – 1	85-90	3-5 días
Res	0 – 4	85-90	1-3 semanas
FRUTAS			
Aguacate	4 – 13	85-90	2-4 semanas
Durazno	0	90-95	1-2 semanas
Fresa	-0.5 – 0	90-95	5-7 días
Limón	0 – 10	85-90	1-6 meses
Mandarina	4	90-95	2-4 semanas
Manzana	-1 – 4	90-95	3-8 meses
Naranja	5	85-90	3-12 semanas
Patilla	10 – 15	90	2-3 semanas
HORTALIZAS			
Apio	0	98-100	1-2 meses
Berenjena	8 – 12	90-95	7-10 días
Brócoli	0	95-100	10-14 días
Lechuga	0 – 1	95-100	2-3 semanas
Pepino	10 – 13	95	10-14 días
Tomate	7 – 10	90-95	4-7 días

Tomado de: Casp y Abril, 1998.

9.3 Congelación

Estos equipos permiten congelar los alimentos a distintas velocidades que permiten clasificar el proceso como:

1. Congelación lenta con velocidades que disminuyen la temperatura del alimento en 1-2°F/h, tardando más de 24 h en congelarse por convección natural.
2. Congelación intermedia con velocidades que bajan la temperatura en 5-20°F/h, alcanzando la congelación en un período de 3 a 12 h en cavas de convección forzada.

3. Congelación rápida cuando la temperatura disminuye con una velocidad de 1-100°F/min y permite congelar los alimentos en menos de 30 min. Esta velocidad se logra por inmersión en salmuera, por contacto indirecto en placas y por lecho fluidizado.
4. Congelación ultrarápida con descensos de temperatura de 100-180 °F/min que permiten congelar alimentos en menos de 5 min por métodos criogénicos como la inmersión en nitrógeno líquido.

9.4 Equipo básico de un sistema de refrigeración

En la Figura 9.2 se diagraman las partes de un sistema de refrigeración donde el refrigerante remueve el calor en sucesivos ciclos de refrigeración que permiten su compresión, formación de líquido saturado, expansión y evaporación. Para realizar este ciclo, los sistemas de refrigeración tienen cuatro componentes:

1. Compresor.
2. Condensador.
3. Válvula de expansión.
4. Evaporador.

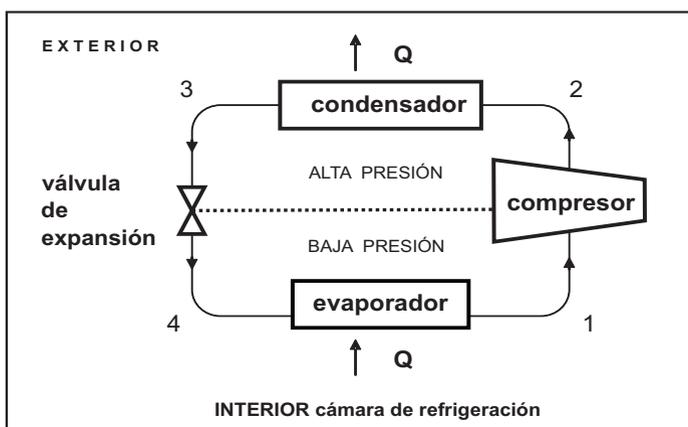


Figura 9.2 Ciclo de refrigeración

El trabajo que realiza el refrigerante permite remover el calor de un sistema a baja

temperatura a un sistema de mayor temperatura. El vapor saturado del refrigerante en 1 se comprime hasta vapor sobrecalentado 2. En el condensador se remueve calor a presión constante hasta que se obtiene líquido saturado; 3. Donde se reduce la presión mediante una válvula de expansión adiabática para alcanzar la condición 4. El líquido se evapora a presión constante en el evaporador y el refrigerante en 1 es nuevamente vapor saturado. En este proceso el refrigerante toma el calor de los alimentos y el condensador lo libera al ambiente, en un ciclo repetido que permite disminuir la temperatura de los alimentos. En un equipo básico de refrigeración, los serpentines con su amplia relación superficie/volumen, son el evaporador y es donde se remueve el calor. El termostato también se ubica en el interior de la cámara de refrigeración. El compresor, el condensador y la válvula de expansión están ubicados en el exterior de la cámara de refrigeración.

Tomado de: Vit, 2002

9.5 Propiedades de los refrigerantes

En la Tabla 9.2 se indica el punto de ebullición de refrigerantes seleccionados para producir frío a fin de conservar alimentos.

Tabla 9.2 Punto de ebullición de refrigerantes usados en la industria del frío

Refrigerantes	Punto de ebullición (°C)
Clorometano (ClCH_3)	-24.2
Propano ($\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$)	-45.0
Freón 12 (CCl_2-F_2)	-29.2
Freón 22 B (CHBrF_2)	-14.5
Freón 31 (CH_2-ClF)	-9.0
Freón 152 ($\text{H}_3\text{C}-\text{CHF}_2$)	-24.0

Fuente: Bello Gutiérrez, 2000.

Los refrigerantes deben reunir una serie de requisitos basados en sus propiedades de eficiencia térmica y de uso práctico.

Propiedades térmicas

Dependen del sistema en el cual se utilizará y condicionan la transferencia de calor del equipo:

1. El intervalo entre las presiones de evaporación y condensación debe ser pequeño para reducir el trabajo realizado durante la compresión.

2. La presión de evaporación debe ser baja pero superior a la presión atmosférica para prevenir la entrada de aire al evaporador si eventualmente se perfora.
3. El calor latente de evaporación y la capacidad calórica del vapor deben ser elevados, así el volumen de refrigerante requerido es bajo.
4. Las fases líquida y de vapor deben tener baja densidad y el líquido debe tener baja capacidad calórica, así la cantidad de vapor que se produce en la expansión es pequeña y se puede remover mayor calor en el evaporador.
5. El punto crítico debe ser elevado y la temperatura de congelación baja para permitir un mayor rango de temperaturas de operación.

Propiedades prácticas

Un buen refrigerante debe reunir además un conjunto de cualidades prácticas que permitan seleccionarlo frente a otras opciones. Estas cualidades son:

1. No es corrosivo y es inerte en las condiciones del sistema.
2. No es explosivo por sí mismo ni en contacto con el aire.
3. No es tóxico.
4. No contamina el alimento si entra en contacto directo por fugas del sistema.
5. No reacciona con los lubricantes del equipo.
6. Bajo costo.
7. No contamina el ambiente.

9.6 ¿Cómo ocurre la congelación en los alimentos?

El agua contenida en los alimentos se congela en tres etapas: 1. Subenfriamiento; 2. Nucleación; 3. Crecimiento de los cristales.

Cuando el alimento alcanza temperaturas inferiores a su punto de congelación o de fusión, las moléculas de agua forman agregados ordenados y cristalinos, conocidos como núcleos de cristalización. La

nucleación que ocurre en los alimentos congelados es heterogénea porque los agregados se adhieren sobre las paredes del contenedor o alrededor de partículas de material insoluble, conocidas como semillas o núcleos de cristalización. Por este motivo, la nucleación también puede inducirse sembrando cristales que pueden crecer y propagarse. El tamaño del cristal sembrado y las condiciones de cristalización determinarán el tamaño de los cristales nuevos.

El crecimiento del cristal de hielo disminuye la calidad del alimento, porque se forman filos cortantes que dañan las estructuras moleculares y con ello la textura. En los tejidos vegetales, el hielo se forma en los espacios extracelulares y crea un gradiente osmótico que ocasiona deshidratación si la congelación es lenta. Cuando la congelación es rápida, el agua forma microcristales adentro y afuera de la célula, sin modificaciones indeseables por transferencia osmótica.

9.7 Efectos de la congelación sobre la estabilidad bioquímica y microbiológica de los alimentos

El agua presente en los alimentos modifica su comportamiento de solvente universal durante la congelación de una matriz acuosa, porque se produce un líquido cada vez más concentrado a medida que se solidifica y se separan los cristales de hielo (Ver Fig. 1.4 del Capítulo 1, El Agua y el Hielo) de la solución eutéctica. El aumento de concentración de solutos modifica: 1. El pH. 2. La acidez titulable. 3. La presión de vapor. 4. La tensión interfacial. 5. El potencial de óxido-reducción (Bello Gutiérrez, 2000).

Es necesario visualizar microzonas dentro de los alimentos, con aguas dinámicas que cambian formas y pasan de soluciones a cristalizaciones. Entre los cambios que ocurren, pueden mencionarse los siguientes:

1. Modificaciones de la textura; por ejemplo, los geles cremosos se transforman en estructuras esponjosas o arenosas.
2. Inestabilidad de sistemas coloidales si se altera el equilibrio entre aniones y cationes
3. Desnaturalización causada por el *salting out* de las proteínas en presencia de solutos muy concentrados.

4. Precipitación de las proteínas en presencia de solutos muy ácidos porque disminuyen el pH debajo del punto isoelectrico.
5. Deshidratación de tejidos que liberan agua por difusión para restaurar el equilibrio osmótico en zonas de mayor concentración de solutos.
6. Daños mecánicos causados por los cambios de volumen del agua.
7. Daños mecánicos causados por la migración del agua.
8. Daños por los cambios en la disposición espacial de los solutos.
9. Inactivación y reducción del número de microorganismos.

9.8 Efectos de la descongelación en los alimentos

Así como la formación de cristales de hielo altera las propiedades de los alimentos congelados, el retorno a su estado no congelado también genera modificaciones estructurales y funcionales durante la fusión de los cristales de hielo. La protección lograda con la congelación requiere de un proceso correcto de descongelación para conservar la textura, el sabor, el aroma, el color y la inocuidad microbiológica. La descongelación puede realizarse dentro o fuera de la nevera. Los requisitos para realizar una descongelación rápida a temperatura ambiente son: 1. Duración máxima de una hora; 2. Ausencia de patógenos; 3. La naturaleza de un sustrato poco hidratado produce poco exudado (Bello Gutiérrez, 2000).

Nuevamente es necesario visualizar microzonas dentro de los alimentos, con aguas dinámicas que cambian formas cuando los cristales sólidos se derriten en líquidos. Entre los cambios que ocurren, pueden mencionarse los siguientes:

1. El alimento congelado aumenta su temperatura desde el almacenamiento congelado hasta el punto de fusión, y cuando todo el hielo se derrite, aumenta hasta la temperatura ambiente.
2. En el agua líquida disminuye la conductividad térmica del hielo.
3. La transferencia de calor es más lenta a medida que el hielo se derrite.

4. La producción de exudado depende del daño causado por los cristales de hielo durante la congelación y de la velocidad de descongelación.
5. Puede ocurrir proliferación bacteriana en el exudado en el rango de temperaturas (4-65 °C), por eso no se recomienda recongelar un alimento descongelado.
6. Los tejidos deshidratados se rehidratan parcialmente, el agua liberada en el exudado no pudo absorberse de nuevo e indica ruptura de estructuras.
7. Los solutos se diluyen en el agua nuevamente disponible como solvente universal, y se restablecen valores de pH, acidez titulable, presión de vapor, tensión interfacial, potencial de óxido-reducción, correspondientes al alimento descongelado.
8. Las características organolépticas del alimento descongelado son diferentes a las del alimento sin congelar y al alimento congelado. La textura suele ablandarse con la pérdida de turgencia de los vegetales, o se pierde la suavidad de los geles por fenómenos de retrogradación y sinéresis.

9.9 Cálculo de cargas térmicas de refrigeración y de congelación

Las cargas térmicas de refrigeración y de congelación se refieren al calor que es necesario remover para refrigerar o para congelar un alimento, los distintos tipos de calor generados por el alimento, los equipos y la manipulación de los trabajadores, los cuales se desglosan en una ecuación.

$$Q = Q_R + Q_{ref} + Q_L + Q_{con} + Q_{elect} + Q_{motor} + Q_{trab} + Q_{CA} + Q_p$$

Q = Calor total removido, generalmente expresado en BTU.

Q_R = Calor generado por la respiración de los tejidos vegetales, los cuales a diferencia de los tejidos animales, continúan respirando aun luego de cosechados.

Q_{ref} = Calor que se remueve para reducir la temperatura inicial del alimento hasta la temperatura de almacenamiento refrigerado o hasta su punto de congelación; se calcula $Q_{ref} = mC_p\Delta T$.

Q_L = Calor latente de congelación del alimento; se calcula $Q_L = m\lambda$.

- Q_{con} = Calor que se remueve para reducir la temperatura del alimento desde su punto de congelación hasta la temperatura final de almacenamiento congelado; se calcula $Q_{\text{con}} = mC_p\Delta T$.
- Q_{elect} = Calor generado por la iluminación eléctrica de la cava.
- Q_{motor} = Calor generado por los motores de la cava.
- Q_{trab} = Calor generado por los trabajadores que operan la cava.
- Q_{CA} = Calor generado por el intercambio de aire caliente que ocurre cuando se abre la cava.
- Q_p = Calor del medio ambiente que penetra a través de las paredes de la cava.

Existen tablas con valores de QR , C_p y λ para distintos alimentos, así como consideraciones y valores de constantes para calcular los demás tipos de calor.

9.10 Parámetros considerados en los procesos de refrigeración y congelación

Es necesario considerar tres tipos de variables para seleccionar los procesos de refrigeración y congelación de los alimentos. El procesamiento de la materia prima, las características físicas del equipo y las propiedades físicas y térmicas del alimento, indicadas a continuación.

VARIABLES DE PROCESAMIENTO.

1. Espesor del producto.
2. Dimensiones características.
3. Cantidad del producto procesado.
4. Tiempo de congelación.
5. Temperatura inicial y final del alimento.

Características físicas del equipo.

1. Capacidad (e.g. número de platos y dimensiones).
2. Área ocupada por el producto.
3. Temperatura del medio refrigerante.
4. Limitaciones físicas del equipo.
5. Coeficiente superficial de transferencia de calor.
6. Eficiencia mecánica.

Propiedades físicas y térmicas del producto alimenticio.

1. Densidad.
2. Calor específico.
3. Conductividad térmica.
4. Temperatura de congelación.
5. Calor latente de congelación.
6. Composición.
7. Dimensiones.
8. Formas.

9.11 Equipos de refrigeración y de congelación

Las neveras son los equipos utilizados para enfriar los alimentos y pueden funcionar con tres sistemas de refrigeración:

1. Por aire (e.g. cámara frigorífica, presión de aire, túnel).
2. Por agua.
3. Por vacío.

Los congeladores son los equipos utilizados para la congelación de los alimentos, suelen clasificarse en tres clases según el principio empleado:

1. Contacto directo (e.g. placas, bandas, tambor).
2. Convección de aire (e.g. túneles, bandas transportadoras, lecho fluidizado).
3. Criogénicos (e.g. inmersión en N₂ líquido).

Por otro lado, la deshidrocongelación es un método mixto que tiene una fase preparativa donde se remueve 50% humedad del alimento antes de congelarlo.

En la Figura 9.3 se ilustran algunos equipos de refrigeración y de congelación.

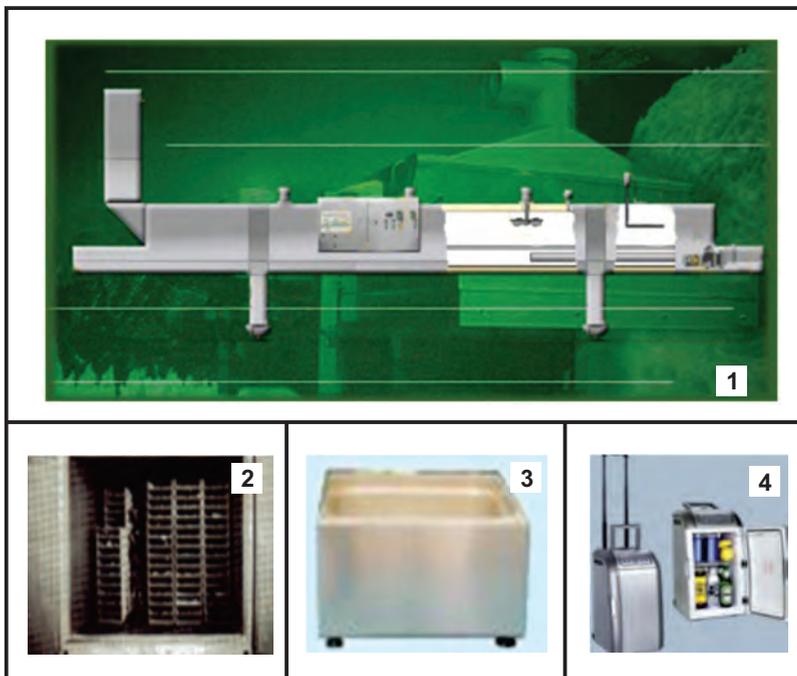


Figura 9.3 Equipos usados para refrigerar y congelar alimentos

1- Túnel de congelación criogénica; 2- Congelador por placas; 3- Tanque de congelación por inmersión; 4- Mini nevera portátil.

Fuente 1- www.tvmerino.com/nuevo/F9.jpg; 2- www.pes.fvet.edu.uy/publicaciones/Image6.gif; 3- raypa.com/.../Pag021_Refrig_Acce.jpg; 4- <http://www.tecnoregalos.com/images/neverak.jpg>

9.12 Obtención de los helados

En los helados, además de conservarse el producto por los mecanismos de congelación, el consumo es directo y sin descongelar. El frío que mantiene congelado al helado forma parte de sus características organolépticas.

Los helados son productos elaborados mediante la congelación de mezclas líquidas constituidas por crema de leche, leche, jugos de frutas, leche de coco, leche de maní, huevos, cacao, café y azúcar o miel, sustancias aromáticas y colorantes permitidas en la industria de alimentos. En la Figura 9.4 se muestra un proceso para obtener helados:

Luego de la recepción de la materia prima, se dosifican los ingredientes y se prepara la mezcla para hacer helados, la cual se homogeniza y pasteuriza. La maduración es un reposo permitido antes de la congelación a fin de que se amalgamen y saboricen los ingredientes que luego serán enfriados y precongelados, moldeados y empaçados antes de la congelación final donde ocurre el sobreamiento y el endurecimiento.



Figura 9.4 Fabricación de helados

Se conoce como sobreamiento al rendimiento en la producción final de un período de trabajo. Se define como la cantidad (en volumen o en peso) de helado que se obtiene en exceso de la cantidad de mezcla utilizada. El sobreamiento de un helado puede calcularse de dos

maneras: 1. En base al volumen de la mezcla pura. 2. En base al peso de la mezcla total de helado, luego de la incorporación de aire.

$$\frac{\text{volumen final (helado)} - \text{volumen mezcla usada}}{\text{volumen de la mezcla}} \times 100 \quad (1)$$

$$\frac{\text{peso unidad de mezcla} - \text{peso unidad de helado}}{\text{peso unidad de helado}} \times 100 \quad (2)$$

Los defectos de los helados pueden ser de sabor, de textura o de cuerpo. Sabor salado, oxidado, de ingredientes viejos, demasiado o poco dulce son atributos indeseables en un helado. Cuando un helado presenta textura arenosa se debe a la presencia de cristales de lactosa ocasionada por exceso de sólidos no grasos de la leche. La textura gomosa o escurridiza se debe a un exceso de estabilizantes. La textura desmenuzable se debe a la falta de azúcar y de estabilizante, junto con una homogeneización excesiva. La formación de cristales de hielo confiere una textura áspera; mientras que la sensación de una película de grasa en el paladar se debe a la falta de agitación. El cuerpo remojado denota falta de sobreabundamiento y el cuerpo débil indica falta de estabilizante. El cuerpo esponjoso denota bajo nivel de sólidos totales en proporción a la cantidad de aire incorporado.

Ejercicios

E 9.1 Observar el efecto de deshidratación durante la congelación.

E 9.2 Comparar el sangrado de 500 g de carne descongelada: 1. En la nevera. 2. A temperatura ambiente.

Controversias en debate (CED)

CED 9.1

Consumir bebidas heladas es dañino para la salud

Es frecuente escuchar recomendaciones sobre la temperatura adecuada para consumir bebidas. Los naturistas abogan por la

temperatura ambiente y la tradición popular por el uso del hielo, especialmente en los países tropicales del Caribe. El arraigo de nuestra costumbre por el frío en las bebidas es tan fuerte, que la cerveza por ejemplo se puede pedir como una “fría” o inclusive una “bien fría”. Así los jugos, batidos y merengadas de frutas se consumen fríos, generalmente servidos o preparados con hielo. Las gaseosas y los coctéles también se consumen helados. Los vinos llegan a Venezuela de otras culturas, donde se recomienda más frío para apreciar los vinos blancos y menos frío, inclusive temperatura ambiente para los tintos. Las burbujas del champán, son enemigas del calor. En otras culturas, por el contrario, la tradición es consumir bebidas calientes como las infusiones o el arraigado té, no importa la estación climática. La gente dice refrescarse con una bebida caliente porque luego de recibir un estímulo de calor, el organismo responde con mecanismos homeostáticos para disminuir la temperatura corporal; lo cual si bien es lógico, nos desconcierta porque en Venezuela un “refresco” jamás sería caliente. Por otro lado, la cultura del café en latinoamérica es la del café caliente, aunque existen helados con sabor a café. En países con fuertes veranos, como España, al café recién colado o recién salido como expreso, se le añaden cubitos de hielo para su consumo helado.

La recomendación del consumo de bebidas naturales a la temperatura del ambiente que nos rodea, parece ser adecuada aunque no sea una elección cultural. Por un lado, se entiende que la diferencia de temperatura entre 20-40°C del ambiente con la del organismo de 37°C es menor que si la bebida tuviese 0-70°C. Por otro lado, cada vez que añadimos hielo a una bebida, es un riesgo adicional de contaminación con el agua congelada, porque podría no ser potable. Desde el punto de vista ecológico, la producción del frío consume energía que podría ahorrarse, y además utiliza refrigerantes que en una época dañaron la capa de ozono. Así, el consumo de bebidas heladas es controversial para la salud y para el ambiente.

CED 9.2 La congelación afecta el contenido de micronutrientes de los alimentos

Se recomienda leer el siguiente artículo, disponible en la biblioteca de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis: Planells E, Baró L, Mataix

J, Ochoa L. 2003. Análisis de la composición mineral en alimentos congelados precocinados de consumo habitual. *Ars Pharmaceutica* 44(4):343-350. Puede apreciarse que quizás los micronutrientes se pierden durante la descongelación y/o cocción para su consumo, por lixiviación en líquidos, pero no debido a la operación de disminuir la temperatura del alimento para su conservación.

Referencias

- Bello Gutiérrez J (2000) *Ciencia Bromatológica. Principios Generales de los Alimentos*. Ediciones Días de Santos SA; Madrid, España; 577 pp.
- Canelas LM (2006) *Bolivianos guardan sus células madres*. Los Tiempos. com Vida y Futuro. Cochabamba, Bolivia, 21.05.06. http://www.lostiempos.com/noticias/21-05-06/vida_y_futuro.php (Recuperado el 22.05.06).
- Casp A, Abril J (1999) *Procesos de Conservación de Alimentos*. A Madrid Vicente Ediciones & Ediciones Mundi-Prensa; Madrid, España; 494 pp.
- Cheftel JC, Cheftel H (1976) *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 333 pp.
- Fennema OR (1982) *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 1095 pp.
- Instituto Nacional de Nutrición (2001) *Tabla de Composición de Alimentos para Uso Práctico*. Publicación No. 54. Serie Cuadernos Azules; Caracas, Venezuela; 97pp.
- Potter NN (1978) *La Ciencia de los Alimentos*. Harla; México DF, México; 749 pp.
- Planells E, Baró L, Mataix J, Ochoa L. 2003. *Análisis de la composición mineral en alimentos congelados precocinados de consumo habitual*. *Ars Pharmaceutica* 44(4):343-350.
- Van Grieken (1985) *Helados*. Material mimeografiado.
- Vit P (2002) *Apuntes de Tecnología de Alimentos*. Ed. Fac. Farmacia ULA; Mérida, Venezuela; 214 pp.
- <http://refugioderosa.webcindario.com/paisajes/VALENCIA/nevera.jpg> (recuperado el 17.05.06).
- www.pes.fvet.edu.uy/publicaciones/Image6.gif (recuperado el 23.05.06).
- www.tvmerino.com/nuevo/F9.jpg (recuperado el 23.05.06).

- [raypa.com/.../Pag021_Refrig_Acce.jpg](#) (recuperado el 23.05.06).
- <http://www.tecnoregalos.com/images/neverak.jpg> (recuperado el 23.05.06).

Capítulo 10

Disminución de AW

Patricia Vit

La transferencia de agua desde los alimentos hacia el medio ambiente, permite la reducción de su contenido acuoso. Este tipo de conservación ocurre espontáneamente en los trópicos, durante los veranos y en Los Andes. Se discuten los conceptos de Aw y humedad relativa. La vida útil de los alimentos se extiende porque con la disminución de Aw se limita el crecimiento microbiano al reducir el agua disponible para la vida, con la consecuente concentración de solutos. Algunas reacciones enzimáticas y químicas se detienen; sin embargo, pueden ocurrir pérdidas de nutrientes. Por ejemplo, las vitaminas A y C se degradan con el aire caliente, la vitamina B₁ se inactiva por la adición de sulfitos y hay pérdida de sustancias aromáticas volátiles. Si bien la disminución de Aw permite reducir el peso y el volumen, la reconstitución de alimentos deshidratados no regenera al alimento fresco. Algunos cambios organolépticos característicos del secado confieren diversidad a la presentación de un producto, pero otros son indeseables. El proceso de obtención de alimentos conservados por disminución de Aw permite vincular los conceptos teóricos de este capítulo con el uso cotidiano de alimentos atomizados, concentrados, salados y secados, junto con las semillas sabiamente conservadas por la naturaleza. Se explica cómo ocurre el secado y la liofilización de los alimentos, junto con los efectos causados por la disminución de Aw y por la reconstitución. Es necesario entender cómo funcionan los sistemas (solar, gases calientes, conducción, microondas) y equipos (horno, bandeja, túnel, lecho fluidizado, rodillos) de deshidratación y secado, los liofilizadores y los concentradores. Se ilustra la producción de leche en polvo por aspersión con un diagrama de fabricación. Finalmente se sugieren dos ejercicios de observación sobre variaciones de peso de un huevo fresco y de reconstitución de leche en polvo, leche evaporada y frutas pasas. Se presentan dos controversias debatibles sobre la posibilidad de liofilizar frutas y comparación de la calidad higiénica de alimentos conservados por disminución de Aw, con la obtenida al aplicar otros métodos de conservación.

Deshidratados
endulzados
salados
flotando en aceites
reposando en mantecas
así se conservan
los alimentos del desierto
entre la arena y el cielo

Alfa Bet

Contenido

- 10.1 Fundamentos de la conservación por disminución del agua disponible para la vida
- 10.2 Disponibilidad de agua
- 10.3 Reducción de A_w e isothermas de equilibrio de humedad
- 10.4 Factores que controlan el secado
- 10.5 ¿Cómo ocurre el secado de los alimentos?
- 10.6 Efectos de la disminución de A_w en los alimentos procesados
- 10.7 Métodos usados para extraer agua de los alimentos
- 10.8 Equipos de secado
- 10.9 Efectos de la reconstitución de los alimentos
- 10.10 Sistemas de reducción de A_w .
- 10.11 Obtención de leche en polvo

Disminución de A_w

10.1 Fundamentos de la conservación por disminución del agua disponible para la vida

En las regiones tropicales y durante los veranos, la atmósfera que envuelve al planeta Tierra es más caliente y menos húmeda que los alimentos, por lo cual se favorece la transferencia de agua desde superficies húmedas como los alimentos, hacia el aire circundante. En Los Andes de Bolivia y Perú, se practica una liofilización natural con pequeños tubérculos (Ver Figura 10.1), los cuales se congelan por las bajas temperaturas y su agua se sublima en las condiciones ambientales de baja presión atmosférica debido a la elevada altura de las montañas.



Figura 10.1 Papa seca en mercados andinos de Perú

De esta manera, se considera que el secado es uno de los métodos de conservación de alimentos más antiguos, porque básicamente: 1. Es una imitación de la naturaleza vegetal que deshidrata sus semillas para conservarlas viables durante largo tiempo; 2. Ocurre espontáneamente en la capa de aire donde vivimos, basta exponer al sol lo que se desea secar, también puede ocurrir el secado a la sombra de un árbol o inclusive adentro de una habitación caliente. Además de extender la vida útil de los alimentos, la reducción del agua disponible permite: 1. Disminuir el peso y el volumen del alimento; 2. Obtener productos variados y prácticos.

10.2 Disponibilidad de agua

Los conceptos de agua libre y de agua ligada son de interés en este tema porque indican el estado del agua contenida en los alimentos, la cual puede estar disponible o no disponible para la vida.

Por un lado, el agua libre es agua evaporable y ejerce presión de vapor de equilibrio igual a la del agua pura a la misma temperatura. Por otro lado, el agua ligada es agua no evaporable porque puede estar molecularmente retenida como el agua de hidratación (e.g. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) o aislada de la superficie del alimento, atrapada en finos capilares de tejido.

El agua requerida por los microorganismos tiene que estar disponible para realizar sus funciones vitales, por ello no puede estar ligada. La presencia de los siguientes factores es adversa para la disponibilidad del agua porque causa deshidratación celular:

1. Concentración de solutos que fijan el agua.
2. Presencia de coloides hidrófilos.
3. Formas de agua cristalizada o de hidratación.

10.3 Reducción de Aw e isothermas de equilibrio de humedad

En este tema son importantes los conceptos de Aw (actividad de agua) y %HR (humedad relativa). Se conoce como Aw la relación entre la presión de vapor de la superficie del alimento y la presión

de vapor en una superficie de agua libre, por ello los valores de A_w varían entre 0 y 1. La humedad relativa es la misma relación expresada porcentualmente, por ello los valores de %HR varían entre 0 y 100.

$$A_w = P/P_0$$

$$\%HR = A_w \cdot 100$$

Es muy importante conocer los requerimientos de A_w de los microorganismos causantes de deterioro alimentario, así como su clasificación de pH. En la Tabla 10.1 puede observarse que generalmente las bacterias requieren sustratos más húmedos que los hongos y las levaduras, y existen microorganismos especializados que pueden tolerar A_w adversas, como las bacterias halófilas que crecen en sustratos conservados con elevadas concentraciones de sal, los hongos xerófilos y las levaduras osmófilas que pueden crecer en alimentos con grandes concentraciones de azúcar que disminuyen la A_w hasta 0.6.

Tabla 10.1 Valores de A_w mínimos para microorganismos causantes de alteraciones alimentarias

Clase de microorganismo	A_w mínimo
Bacterias normales	0.91
Levaduras normales	0.88
Mohos normales	0.80
Bacterias halófilas	0.75
Hongos xerófilos	0.65
Levaduras osmófilas	0.60

En la Figura 10.2 se muestran isotermas de equilibrio de humedad obtenidas al graficar variaciones de humedad según los cambios de A_w de un alimento a temperatura constante, puede observarse que son curvas sigmoidales con inflexión. El equilibrio puede ser de adsorción o de desorción. Todos los puntos de cada curva representan valores de humedad de equilibrio entre la presión de vapor del alimento y la presión de vapor en el aire que lo rodea.

Esta curva suele dividirse en tres zonas I – II – III, según el fenómeno de sorción, condensación capilar o efecto del soluto que modifica la A_w . En el intervalo de 0.0 - 0.3 (Zona I) el alimento

contiene muy poca agua la cual se distribuye en la monocapa de agua fuertemente ligada por fuerzas de Van der Waals. El intervalo 0.3 – 0.8 (Zona II) es la porción central de la curva y el agua recubre al alimento con capas polimoleculares y puede actuar como solvente por estar unida más débilmente que en la zona anterior. La fracción del agua libre se encuentra en el intervalo 0.8 – 1.0 (Zona III), es el agua disponible para la vida y permite el crecimiento microbiano. También puede graficarse la degradación causada por reacciones de oxidación lipídica, pardeamiento no enzimático, reacciones hidrolíticas, actividad enzimática y el crecimiento de mohos, levaduras y bacterias.

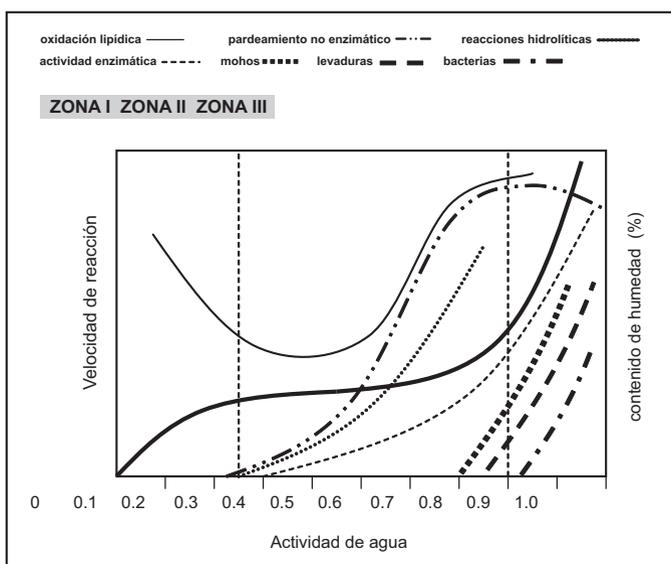


Figura 10.2 Velocidades de reacciones de deterioro alimentario en función de la actividad de agua

El deterioro de los alimentos causado por oxidación lipídica, pardeamiento no enzimático, reacciones hidrolíticas, actividad enzimática, ocurre en distintas zonas de Aw. El mayor riesgo en la zona I de menor Aw es la oxidación de los lípidos. En la Zona II de Aw intermedia ocurren casi todas las reacciones antes mencionadas y se inicia el deterioro microbiano por hongos xerófilos y levaduras osmófilas. Los demás mohos, levaduras y las bacterias se desarrollan con valores elevados de Aw, en la zona III. La isoterma de sorción de humedad es la línea más gruesa.

Modificado de: Fennema, 1993

10.4 Factores que controlan el secado

En la vida cotidiana, observamos el secado de la sal, del cacao, de la ropa, y por sentido común asociamos varios factores que aceleran esta operación unitaria. Por ejemplo, la ropa tendida al sol recibirá una mayor transferencia de calor en los días soleados, y también se secará más rápido en los días con viento y de aire seco. Tendemos la ropa sin superposiciones para maximizar la superficie de transferencia de masa del agua impregnada en los tejidos, que escurre y luego se evapora al aire que la rodea. Entonces, pueden enumerarse los siguientes factores que controlan el secado:

1. Temperatura del alimento.
2. Diferencia de temperatura entre el alimento y el aire.
3. Humedad relativa del aire.
4. Humedad del alimento.
5. Presión atmosférica.
6. Velocidad del aire.
7. Tiempo de exposición.
8. Área de superficie de secado.
9. Matriz química del alimento.

10.5 ¿Cómo ocurre el secado de los alimentos?

Durante el secado hay transferencia de calor y de masa. La secuencia de estas etapas comienza por: 1. La transmisión de calor por conducción, convección o radiación hasta la superficie del alimento; 2. La transmisión de calor desde la superficie hasta el interior del alimento; 3. La transferencia de agua desde el interior del alimento, por difusión o por capilaridad; 4. La transferencia de vapor desde la superficie del alimento hacia el entorno. Estas etapas ocurren en dos fases, en la primera se pierde agua a velocidad constante y en la segunda a velocidad decreciente (Ver Figura 10.3). Con esta secuencia, puede comprenderse que la mayor cantidad de agua se libera en la primera fase del secado. Luego la evaporación de agua es más lenta, por eso debe cuidarse que no aumente la temperatura del alimento para evitar oscurecimientos no deseados.

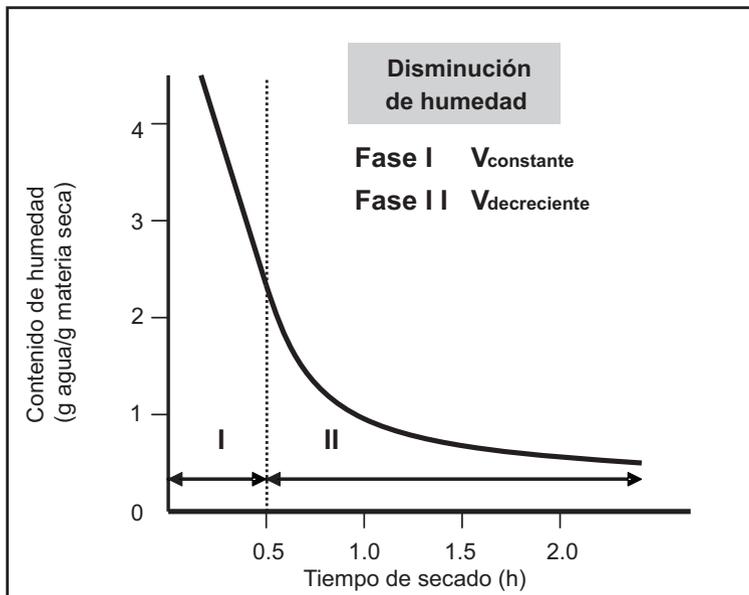


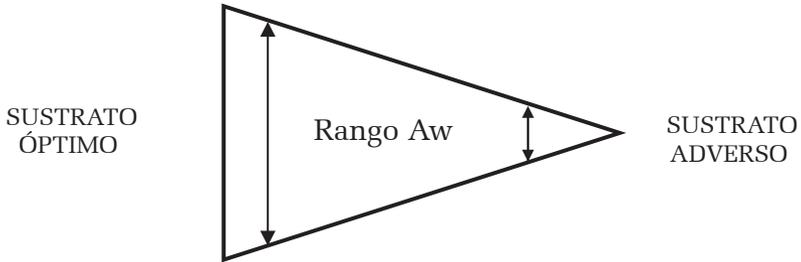
Figura 10.3 Fases de una curva de deshidratación

Durante el secado de los alimentos hay transferencia de calor y transferencia de masas. En la Fase I del secado el agua se evapora a velocidad constante. En la Fase II del secado hay menor cantidad de agua en el alimento y está más profunda, por eso la evaporación ocurre a velocidad decreciente con forma de asíntota por la tendencia a no perder más humedad. También se puede observar que la Fase I es más corta que la Fase II.

Fuente: Vit, 2002

10.6 Efectos de la disminución de Aw en los alimentos procesados

Los microorganismos crecen en medios con Aw (mínimo, óptimo y máximo); es decir, además de desarrollarse en un rango óptimo pueden tolerar condiciones extremas y extienden su rango de supervivencia. Sin embargo, el rango de tolerancia es mayor en un sustrato óptimo que en uno adverso.



1. Propiedades nutritivas.
2. pH.
3. Contenido de sustancias inhibidoras.
4. Disponibilidad de O_2 libre.
5. Temperatura.
6. Tipo y concentración de soluto.

La disminución de A_w tiene los siguientes efectos en los alimentos, algunos de los cuales son adversos y otros beneficiosos:

1. Control del crecimiento microbiano.
2. Limita ciertas reacciones químicas.
3. Evita numerosas reacciones enzimáticas.
4. El almidón se gelatiniza.
5. Los alimentos termoplásticos cambian de forma.
6. Puede ocurrir pardeamiento no enzimático.
7. Se pueden formar costras indeseables de secado.
8. Los lípidos insaturados se oxidan fácilmente.
9. Causa cambios organolépticos de olor, color y sabor.
10. Los productos porosos sufren mayor deterioro por estar más expuestos.
11. Las vitaminas A y C se degradan con el aire caliente.
12. La vitamina B_1 se inactiva por la adición de sulfitos.
13. Hay pérdida de sustancias aromáticas volátiles.
14. La lisina participa en reacciones de pardeamiento y baja su disponibilidad.
15. Los alimentos rehidratados no son iguales a los alimentos frescos.

10.7 Métodos usados para extraer agua de los alimentos

La concentración de un alimento permite reducir su contenido de agua sin alcanzar el estado sólido. La deshidratación y el secado permiten extraer mayor humedad del alimento que la concentración. El secado alcanza valores de humedad entre 12 y 14%, mientras que la deshidratación se aproxima a valores de humedad de 0%. La liofilización se conoce también como deshidratación criogénica porque se sublima el agua congelada en el alimento. Los alimentos conservados por reducción de Aw generalmente requieren ser reconstituídos o rehidratados antes de su consumo, por ello son importantes sus cualidades de humectabilidad, sumergibilidad, dispersabilidad y solubilidad.

10.8 Equipos de secado

Los equipos pueden ser de secado continuo o en batch. Los sistemas de secado pueden ser: 1. Solares (natural, semiartificial, asistido); 2. Por gases calientes (horno, bandejas, túnel, cinta transportadora, lecho fluidizado, arrastre neumático, atomización o aspersión); 3. Por conducción (rodillo, tornillo sinfín). En la Figura 10.4 se ilustran algunos equipos de secado.

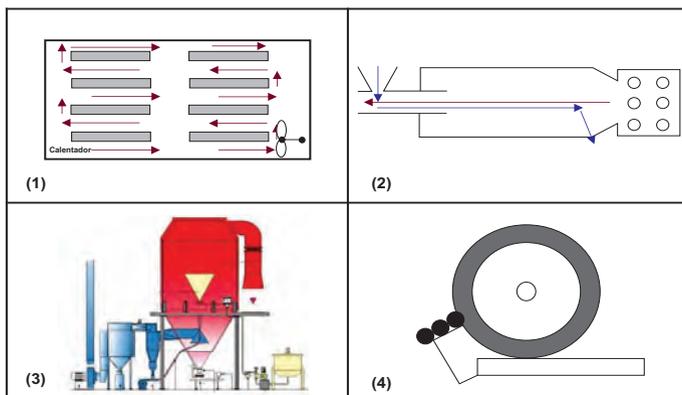


Figura 10.4 Equipos de secado

1. Secador de bandejas. 2. Secador de túnel. 3. Secador de tambor rotatorio. 4. Aspersor.

Fuente: www.doschivos.com (1-3) - <http://br.geocities.com> (4)

10.9 Efectos de la reconstitución de los alimentos

El alimento reconstituido no es igual al alimento fresco. El método de secado seleccionado y los controles aplicados, favorecerán la rehidratación de los alimentos deshidratados como leche en polvo, vegetales para sopas, puré de papas, etc.

Comparar el alimento deshidratado, generalmente arrugado y de color oscuro, con el alimento fresco permite observar que son dos productos diferentes, y como tales deben ser consumidos. Por ejemplo, las pasas son más dulces que la uva fresca, pero menos ácidas, húmedas y coloreadas. Tanto las uvas frescas como las pasas tienen aplicaciones exitosas desde la repostería gourmet hasta como refrigerio frugal.

10.10 Sistemas de reducción de Aw

1. El secado solar puede ser directo, indirecto y semiartificial.
2. El secado por gases calientes puede ser directo e indirecto como en las bandejas al vacío, los tornillos sinfín y los rodillos. Los secadores directos pueden ser por cargas como los hornos y los gabinetes de bandejas, o continuos como los secadores de túnel, de cinta, rotatorios, por fluidización, por arrastre neumático y por atomización.
3. Otros tipos de secado utilizan espumas, alimentos inflados, microondas, fuerzas osmóticas, liofilización.
4. La concentración puede realizarse por evaporación, congelación y por membranas. Los evaporadores pueden ser de tubos verticales, de serpentín rotatorio, de placas fijas, de conos invertidos y de camisa de vapor. Los concentradores por congelación pueden ser de contacto directo, de contacto indirecto por suspensión o por enfriamiento externo. La separación por membranas puede ser por ósmosis inversa o por ultrafiltración.

10.11 Obtención de leche en polvo

En la Figura 10.5 se muestra una línea de fabricación de leche en polvo por atomización o aspersión.

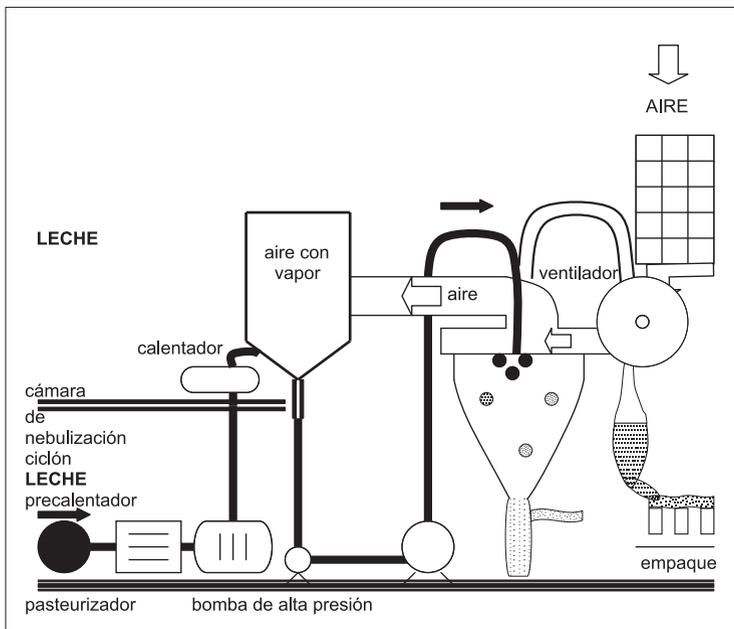


Figura 10.5 Diagrama de fabricación de leche en polvo por aspersión

Fuente: Vit, 2002

Ejercicios

E 10.1 ¿Cómo varía el peso de un huevo fresco durante dos meses? Explique por qué.

E 10.2 Observe la reconstitución de leche en polvo, leche evaporada y frutas pasas. ¿Cómo se comparan?

Controversias en debate (CED)

CED 10.1

La liofilización de frutas es muy costosa y no se justifica

Esta limitación es debatible porque precisamente la liofilización permite conservar los aceites esenciales que confieren aromas característicos a las frutas. El café instantáneo es liofilizado y se comercializa exitosamente, pero no así las frutas pulverizadas porque quizás no pueden competir con los precios de bebidas en polvo sintéticas. Sin embargo, las opciones de liofilización pueden reorientarse hacia productos especiales no imitables por síntesis. Por ejemplo, en Japón se produce una variedad de fresas miniatura, las cuales son liofilizadas y recubiertas de chocolate. El contraste de sabores y de texturas es insuperable, y obviamente este tesoro de la tecnología y la gastronomía se presenta en un empaque elegante como un digno cofre de la *Fragarias vesca* y el *Theobroma cacao*. Además, se incluye una bolsa de cristales no comestibles para proteger de la humedad y mantener las fresas achocolatadas crujientes.

CED 10.2

La calidad higiénica de los alimentos conservados por disminución de A_w es inferior a la de alimentos conservados por cualquier otro método

Por ser el secado un método de conservación de alimentos que puede ocurrir espontáneamente, o realizable con equipos sencillos disponibles en el hogar, a veces no se cumplen las normas industriales de higiene para manipulación de alimentos. Es frecuente observar polillas en bolsas de leguminosas y cereales, algunas frutas y hortalizas secas son pobremente empacadas, o inclusive se expenden pescados salados sin empaques. La deficiencia de barreras múltiples que acompañen la conservación por disminución de A_w , puede causar contaminaciones secundarias que podrían evitarse si se considerara este método de conservación con el rigor de un producto pasteurizado, al cual además de la conservación por altas temperaturas, se protege con un empaque apropiado y con almacenamiento refrigerado. Entonces, la calidad higiénica de un alimento conservado por disminución de A_w es

suficientemente adecuada como la de otros métodos de conservación, pero el bajo costo de algunas presentaciones no cumple con las BPF. La solución es conservar la calidad higiénica alcanzada con la barrera de disminución de Aw, con aplicación acertada de otras barreras complementarias como el empaque, las atmósferas controladas, el almacenamiento refrigerado, etc.

Referencias

- Bello Gutiérrez J (2000) *Ciencia Bromatológica. Principios Generales de los Alimentos*. Ediciones Días de Santos SA; Madrid, España; 577 pp.
- Cheftel JC, Cheftel H (1976) *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 333 pp.
- Fennema OR (1982) *Química de los alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 1095 pp.
- Vit P (2002) *Apuntes de Tecnología de Alimentos*. Ed. Fac. Farmacia ULA; Mérida, Venezuela; 214 pp.
- www.doschivos.com/trabajos/tecnologia/803.htm (recuperado el 22.05.06).
- <http://br.geocities.com/abgalimtec/figuras/spay3.jpg> (recuperado el 22.05.06).

Capítulo 11

Fermentaciones

Patricia Vit / Isbelia González †

Las fermentaciones han jugado un papel muy importante a lo largo de la historia de la humanidad. Los hombres de las antiguas civilizaciones se empezaron a dar cuenta de que cuando dejaban a merced de las condiciones naturales los jugos de frutas y la leche, estos se ponían ligeramente ácidos y se conservaban bien, además de que era agradable al paladar. Todo esto ocurría sin saber que lo que estaba pasando era realmente un proceso fermentativo. Después de los estudios de Gay Lussac, se entendió el desdoblamiento del azúcar en etanol y dióxido de carbono. Más tarde Luís Pasteur, descubrió la intervención de una levadura y el término fermentación comenzó a relacionarse con los microorganismos. Las fermentaciones se consideran un medio importante para conservar algunos alimentos y para obtener nuevos productos alimenticios. Los métodos de conservación de alimentos vistos hasta ahora, tienen en común la destrucción o disminución de los microorganismos; por el contrario, las fermentaciones estimulan el crecimiento de ciertos microorganismos seleccionados para conservar el producto. En el campo de la industria alimentaria se conocen tres tipos de fermentaciones: la fermentación alcohólica, la fermentación láctica y la fermentación acética. En este tema se desarrollará cada una de ellas por separado e ilustraremos diagramas de flujo para cada caso.

El buen gusto es el equivalente femenino del genio

Edgard Fitzgerald

Contenido

- 11.1 Fundamentos de la conservación por fermentación
- 11.2 Beneficios de las fermentaciones
- 11.3 Microorganismos utilizados en las fermentaciones
- 11.4 Microorganismos iniciadores
- 11.5 Parámetros de control y sistemas de medida
- 11.6 Fermentación alcohólica
- 11.7 Fermentación láctica
- 11.8 Fermentación acética
- 11.9 Elaboración de cerveza
- 11.10 Elaboración de yogur
- 11.11 Diferentes tipos de vinagre

Fermentaciones

11.1 Fundamentos de la conservación por fermentación

El significado de la fermentación ha ido cambiando a lo largo del tiempo. Inicialmente significaba burbujeo por la actividad visible en los líquidos fermentados. Luego, con Pasteur, este burbujeo se asoció a la actividad microbiana. Más tarde se demostró que el principio activo de las fermentaciones industriales eran las enzimas microbianas. Por ello, los procesos de fermentación están diseñados para transformar el sustrato en las condiciones requeridas por los microorganismos para optimizar la actividad enzimática.

El término fermentación se puede describir como un proceso bioquímico, donde ocurre el desdoblamiento de carbohidratos por acción microbiana para producir un metabolito más energética. Es un proceso de óxido-reducción, donde algunos compuestos actúan como donadores o aceptores de electrones.

Los principios fundamentales de la fermentación son: 1. Estimular el crecimiento y el metabolismo de los microorganismos; 2. Suprimir o controlar el crecimiento de los tipos proteolíticos y lipolíticos no deseables; 3. El alimento fermentado tiene menos energía disponible para el hombre que el sustrato original.

11.2 Beneficios de las fermentaciones

Entre los beneficios ofrecidos por las fermentaciones de alimentos, resaltan las cualidades de conservación y los aportes nutricionales, como se señala a continuación:

1. Obtención de productos finales activos, particularmente los ácidos y alcoholes son excelentes inhibidores de microorganismos patógenos.
2. Contribuye a la diversidad de la dieta.
3. Puede hacerse con equipos sencillos.
4. Permite la obtención de subproductos útiles.
5. Ofrece la posibilidad de aprovechar desperdicios utilizándolos como sustrato.
6. Permite la síntesis de nuevos nutrientes como vitaminas y factores de crecimiento.
7. Aumenta la digestibilidad.
8. Aumenta la disponibilidad de nutrientes atrapados.
9. Permite el aprovechamiento de las fibras.

11.3 Microorganismos utilizados en las fermentaciones

En la naturaleza existen dos clases fundamentales de células, las procariotas y las eucariotas, ambas utilizadas en los procesos de fermentación industrial. El crecimiento microbiano depende de la capacidad de la célula para utilizar los nutrientes de su medio ambiente y sintetizar los compuestos macromoleculares de las estructuras celulares y también los principales compuestos de peso molecular bajo, necesarios para la actividad celular. Las rutas productoras de energía o catabólicas generan ATP, los coenzimas necesarios para las diversas reacciones biosintéticas, e intermediarios químicos utilizados como puntos de partida para las reacciones de biosíntesis (Owen, 1991). Los más utilizados en la industria de alimentos son: Levaduras como la *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces ellipsoideus*, bacterias acéticas como el *Acetobacter aceti*, bacterias lácticas como *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus termophyllus*, etc.

11.4 Microorganismos iniciadores

No todos los microorganismos pueden iniciar las fermentaciones alimentarias, sino aquellos que reúnan las siguientes condiciones, las cuales son conocidos como microorganismos iniciadores o *starter*:

1. Capaz de crecer rápidamente en un sustrato adecuado.
2. Facilidad de cultivo en grandes cantidades.
3. Habilidad de mantener características fisiológicas para producir enzimas.
4. Obtención de máximo crecimiento en medios de cultivo simples.

11.5 Parámetros de control y sistemas de medidas

Entre los factores a seleccionar en un proceso fermentativo es importante considerar: 1. Acidez; 2. Alcohol; 3. Uso de iniciadores; 4. Temperatura; 5. Oxígeno; 6. pH; 7. Sal. Además los microorganismos utilizados necesitan fuentes de carbono como los azúcares, fuentes de nitrógeno como el fosfato o sulfato de amonio y sales, para obtener buenos rendimientos en la producción.

Para que una fermentación sea exitosa, es necesario controlar muy bien diversos parámetros con los instrumentos de medida más idóneos, como:

1. Temperatura (termómetro y termocupla).
2. Presión (manómetro de presión de Bourdon, de diafragma o de tensión).
3. Contenido (peso de carga celular, sensor de nivel de líquido).
4. Espuma (sondas metálicas de espuma).
5. Agitación rpm (tacómetro).
6. Velocidad de flujo gaseoso (rotámetro).
7. Flujo líquido (agitador, turbina, rotámetro, bombas de medida).
8. pH (electrodo de referencia, potenciómetro).
9. O₂ disuelto (electrodo de O₂).
10. CO₂ disuelto (electrodo de CO₂).
11. O₂ en la fase gaseosa (análisis paramagnético de gases).

12. CO₂ en la fase gaseosa (análisis infrarrojo).
13. Análisis general.

11.6 Fermentación alcohólica

Es un proceso anaerobio realizado por las levaduras básicamente, aunque también lo pueden realizar algunas bacterias. De la fermentación alcohólica se obtienen diversos productos como: vino, cerveza, etanol, pan, etc.

Las levaduras son microorganismos unicelulares que consiguen su energía por medio de la fermentación alcohólica, en la que rompen las moléculas de glucosa para obtener la energía para sobrevivir y producen el alcohol como consecuencia de la fermentación.

Cuando el medio de cultivo es rico en azúcares, su transformación en etanol alcanza un máximo, en el cual las levaduras no pueden sobrevivir y por ello se detiene la fermentación. Aunque hay distintos tipos de levaduras con diferentes tolerancias, el límite suele estar en torno a los 14°GL de etanol para las levaduras del vino. Algunas levaduras especializadas pueden tolerar hasta 16°GL de etanol.

La fermentación alcohólica produce gran cantidad de CO₂, el cual permite la formación de burbujas retenidas por el gluten en el pan, confiriendo su aspecto esponjoso. El CO₂ también es responsable de las burbujas del champán. El CO₂ pesa más que el aire, y puede llegar a crear bolsas sin oxígeno; por ello, es necesario ventilar bien los espacios dedicados a la fermentación, para evitar intoxicaciones. En las bodegas de vino, por ejemplo, se suele ir con una vela, en caso de que la vela se apague, se sale inmediatamente de la bodega.

11.7 Fermentación láctica

Es la transformación de la lactosa (azúcar de la leche) por acción microbiana en ácido láctico. Entre las bacterias lácticas tenemos: *Lactococcus lactis*, *Lactococcus cremoris*, *Leuconostoc lactis*, *Leuconostoc cremoris*, *Streptococcus cremoris*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus helveticus*. Este tipo de fermentación es el más común para fabricar los quesos de pasta blanda,

y también la más antigua puesto que se lleva a cabo de forma natural por medio de las bacterias lácticas que viven en la leche. Este tipo de bacterias actúan sobre la lactosa (el azúcar de la leche) y la degradan a ácido láctico. Estas bacterias se han aislado e identificado y se comercializan como fermentos para cultivo directo. Es por esta razón que cuando una leche está muy contaminada su pH es muy ácido y la leche se presenta en grumos.

El ácido láctico se va liberando poco a poco aumentando progresivamente la acidez de la leche y cuando esta alcanza un valor del 4,6 la masa líquida se coagula y precipita. En la quesería la acidez que genera una coagulación efectiva comienza con un pH de 5,2 (55-60 grados Dornic).

La coagulación láctica si se realiza de forma natural es lenta y depende de:

1. El tiempo y las condiciones de almacenaje, que afectan directamente a las poblaciones bacterianas y por lo tanto a la producción del ácido.
2. El tipo y la cantidad de bacterias que viven en la leche;
3. La temperatura ambiente que aumenta o disminuye la población bacteriana;
4. La presencia de antibióticos o antisépticos que pueden destruir las bacterias.

Con lo anteriormente señalado, se explica porqué es muy importante en la elaboración de quesos el tiempo transcurrido y el almacenamiento de la leche desde el ordeño. La población bacteriana varía mucho de un momento a otro y por lo tanto es preferible utilizar la leche durante la primera hora después del ordeño y no mezclar leche de diversa fecha de ordeño, puesto que su composición no es la misma.

La cuajada que se obtiene por medio de la coagulación láctica tiene las siguientes características: 1. Friable: se rompe con mucha facilidad; 2. Permeable: con mucho suero; 3. Los grumos no se contraen mucho; 4. Muy húmeda. Por estos motivos estas cuajadas deben manipularse con mucho cuidado.

11.8 Fermentación acética

Es la oxidación del alcohol mediante las bacterias acéticas. Esta fermentación ocurre en dos etapas: 1. El etanol pasa a acetaldehído y 2. El acetaldehído pasa a ácido acético.

11.9 Elaboración de cerveza

Debe producir una fermentación rápida, sin crecimiento excesivo de biomasa, realizar una buena conversión en etanol, resistente al etanol y resistente a la presión osmótica, dar perfiles aromáticos equilibrados y tener una buena estabilidad genética en el tiempo.

Materia prima.Cebada, maíz, arroz, agua, lúpulo y levadura

Cebada malteada.Es el grano de cebada que se ha dejado germinar un poco y luego se ha secado y tostado. La finalidad es el desarrollo de un contenido de enzimas llamadas amilasas que transforman los almidones de los cereales en azúcares fermentables.

Lúpulo.Es una planta cuyas flores contienen resinas y aceites esenciales que le dan a la cerveza las características amargas y astringentes; tiene además propiedades preservativas y mejora la capacidad de retención de la espuma. Actualmente, en la elaboración occidental de la cerveza, el aditivo principal que se utiliza para hacer de contrapeso (de equilibrante si se prefiere) al dulzor de la malta es el lúpulo (*Humulus lupulus*). De esta planta se utiliza la flor hembra sin fecundar. En la base de sus bracteólas, hay unas glándulas que contienen la *lupulina*, que es el ingrediente que aportará a la cerveza su sabor amargo y los aromas propios. Del amargor son responsables los ácidos amargos y los aromas proceden de aceites elementales constituidos en especial por compuestos bastante volátiles y delicados a base de ésteres y de resinas.

Cereales secundarios:El maíz y el arroz proporcionan más carbohidratos para convertirlos en azúcares fermentables.

Agua:La cerveza tiene un 85 % de agua. Esta agua debe ser de excelente calidad microbiológica y físico-química.

A parte de las características bacteriológicas y minerales de potabilidad, cada tipo o estilo de cerveza requerirá una calidad diferente de agua. Algunas requieren agua de baja mineralización. Entre los minerales del agua que más interesan a los cerveceros está el calcio, los sulfatos y los cloruros. El calcio aumenta la extracción tanto de la malta como del lúpulo en la maceración y en la cocción y rebaja el color y la opacidad (o lo turbia que es) de la cerveza. Los sulfatos refuerzan el amargor y la sequedad del lúpulo. Los cloruros dan una textura más llena y refuerzan la dulzura.

La levadura: La mayoría de los estilos de cerveza se hacen usando una de las dos especies unicelulares de microorganismos del tipo *Saccharomyces*, comúnmente llamados levaduras, hongos que (como indica su nombre) consumen azúcar y producen alcohol y anhídrido carbónico. Existen dos tipos básicos diferentes de levadura que definen los dos grandes grupos estilísticos de cervezas:

1. La levadura de alta fermentación es la que se encuentra normalmente en la naturaleza. Taxonómicamente recibe el nombre de *Saccharomyces cerevisiae*. Se encuentra en los tallos de los cereales y en la boca de los mamíferos. Fue descubierta por Louis Pasteur en 1852 en sus investigaciones sobre la cerveza. Esta variedad actúa a temperaturas de entre 12 y 24 °C y se sitúa en la superficie del mosto. A las cervezas que se consiguen con este tipo de fermentación se les llama de alta fermentación o *Ales*. Existen muchas variantes de esta levadura adaptadas a cada estilo de cerveza. En especial existe una que se suele llamar «levadura Weizen» y que aporta a las cervezas del sur de Alemania su gusto especial.

2. La levadura de **baja fermentación** es una variedad descubierta involuntariamente por los cerveceros del sur de Alemania que sometían sus cervezas a una maduración a bajas temperaturas en las cuevas de los Alpes. Estos hongos, de la especie *Saccharomyces uvarum* (también denominada *S. carlsbergensis*), actúan a temperaturas de entre 7 y 13 °C y se suele situar en el fondo del fermentador. Las cervezas que se elaboran con esta variedad son las llamadas de baja fermentación o *Lager*. Las etapas para la elaboración de cerveza son las siguientes:

Paila de mezcla: Se combina la cebada y cereales secundarios para extraer los materiales más solubles y gelatinizar los almidones, haciéndolo más susceptible al ataque enzimático.

Paila de cocción: El mosto se bombea y se le agrega el lúpulo a 100 °C por dos horas y media. Tiene como finalidad: inactivar las enzimas, esterilizar el mosto, precipitar las proteínas, caramelizar ligeramente los azúcares, extraer las sustancias preservativas, saborizantes, colorantes y astringentes del lúpulo.

Fermentación: El mosto se inocula con la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, en tanques de acero inoxidable, en condiciones estériles, entre 4 y 10 °C, durante 9 días. Tiene como finalidad: producir etanol, anhídrido carbónico y bajar el pH.

Maduración: Se enfría a 0 ° C, se filtra para quitar la mayor parte de la levadura y otros materiales suspendidos y se introduce por bombeo a los tanques de almacenamiento durante un tiempo entre 1 y 2 meses. Tiene como finalidad: asentar las finas partículas suspendidas de proteínas, levaduras y demás materiales. Desarrollar la formación de esteres y otros compuestos saborizantes para mejorar el cuerpo y sabor de la cerveza.

Operaciones finales: Filtración, envasado (en latas o en botellas), pasteurización y almacenamiento.

11.10 Elaboración del yogur

El yogur es el producto lácteo obtenido por coagulación de la leche entera, descremada o semidescremada, utilizando un inóculo de *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus termophilus*. El yogur se puede clasificar: 1. Según su contenido de grasa en: completo, semidescremado o descremada; 2. Según su composición: natural, endulzado, para régimen especial; 3. Según el proceso tecnológico: batido, líquido y firme. Las etapas para la elaboración del yogur son las siguientes:

Selección de la leche: Debe ser de buena calidad, libre de sustancias inhibidoras. Se deben ajustar los sólidos, evaporando al vacío o agregándole leche en polvo.

Tratamiento térmico: Con la finalidad de eliminar microorganismos contaminantes, eliminar inhibidores como las lacteninas y desnaturalizar las proteínas solubles.

Homogenización: Se realiza con la finalidad de reducir el tamaño de los glóbulos de grasa a 2 milimicras de diámetro, evitar la formación de nata y darle una mayor estabilidad a la leche.

Adición de aditivos: Se le puede agregar saborizantes, frutas o edulcorantes.

Fermentación: Se inocula con una mezcla de *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus termophilus* a una temperatura entre 45 y 48 ° C.

Envasado y conservación: Se envasa en recipientes de poliestireno y se conserva a temperatura de refrigeración.

11.11 Diferentes tipos de vinagres

Dependiendo de las zonas geográficas, existen diferentes variedades de vinagre, todo está en función de la disponibilidad de la bebida alcohólica que hace de fundamento, por ejemplo: 1. En la zona mediterránea la base del vinagre suele ser el vino; 2. En Inglaterra, donde la cerveza está más disponible, predomina el vinagre de malta; 3. En el sur de Europa, donde se cultivan las manzanas se elabora el vinagre de sidra; 4. En Asia, donde el vino de arroz es tan habitual, se produce el vinagre de arroz. De esta forma cada región, de acuerdo con el clima y los cultivos propios, ha ido proporcionando la materia prima para producir vinagre. A continuación se presentan diferentes tipos de vinagre (<http://es.wikipedia.org/wiki/Vinagre>):

Vinagre de vino: Se denomina así al más corriente de todos los vinagres, así como el de mayor consumo y producción mundial. Este vinagre procede de las diferentes variedades de vino. A veces este vinagre comercial no ha pasado por la fase de maduración.

Aceto balsámico: El más conocido de los acetos es el *Aceto balsámico di Modena*. Es un tipo de vinagre de origen italiano procedente de la región de Emilia-Romaña y sobre todo de la ciudad que le da nombre: Modena. Dentro de sus características se encuentran las de poseer un sabor fuerte, color oscuro y aromas ligeramente dulces. Se madura durante al menos 12 años en toneles de diferentes maderas. Se emplea mucho en vinagretas. Es recomendable sólo añadir unas gotas a la salsa para aliñar. Existen algunos acetos en pequeñas botellas de 100 ml que incluso pueden llegar a costar bastantes cientos de euros, ya que están envejecidos por muchos años (pueden llegar a 40 años o más).

Vinagre de jerez: La obtención de este vinagre se vincula a la producción de los vinos en Jerez y Sanlúcar de Barrameda (Cádiz). El vinagre se elabora exclusivamente a partir de la fermentación acética de estos vinos; el sabor de este vinagre es más fuerte que el de vino. La crianza se realiza en toneles de madera durante 6 meses como mínimo y durante más de dos años para obtener la denominación de *Vinagre de Reserva*. El color resultante de este vinagre es caoba oscuro, algo concentrado y de aromas generosos: en la nariz se nota el matiz de la madera. El vinagre de Jerez es ideal para consumirse en vinagretas y aliños de ensaladas así como saborizante de diferentes alimentos.

Vinagre de sidra: Se emplea este vinagre, a veces llamado *vinagre de manzana*, en las cocinas de los países del norte de Europa. Su elaboración parte de la fermentación alcohólica de la manzana en sidra. Este vinagre es muy adecuado en las ensaladas y en las vinagretas. Entre sus usos medicinales se emplea como remedio para el mal olor de las axilas, poniendo una gasa con una disolución del mismo; como loción alivia los músculos sometidos a estrés mecánico.

Vinagre de Oporto: Elaborado con el vino de Oporto.

Ejercicios

E 11.1 ¿Por qué se habla de vinos blancos, tintos y rosados?

E 11.2 ¿Cómo se controlan los procesos fermentativos?

Controversias en debate (CED)

CED 11.1

¿Son realmente más nutritivos los alimentos fermentados?

CED 11.2

¿El hongo llamado hongo de la podredumbre blanca es beneficioso o perjudicial en la elaboración del vino?

Referencias

- Potter, N. (1973). *La Ciencia de los Alimentos*. Editorial Edutex. Méjico. 359-378. pp.
- Owen, P. (1991). *Biotecnología de la Fermentación. Principios, procesos y productos*. Editorial Acribia. Zaragoza- España. 243 pp.
- Cheftel, JC, Cheftel H (1976) *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos*. Editorial Acribia. Vol. 1. Zaragoza- España. 119 pp.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Vinagre> (Recuperado el 16.10.06).

Capítulo 12

Aditivos

Fanny Quintero /Bertha Santiago

Los aditivos permiten extender la vida útil de los alimentos; sin embargo, las funciones de los aditivos en la industria de alimentos no se limitan a la conservación, porque además permiten aumentar la diversidad de la dieta y mejorar la apariencia de los alimentos. En este capítulo se trata el origen de los aditivos, su definición, nomenclatura (E-100, E-200, E-300, E-325, E-400, E-600 a E-999), agencias regulatorias (FAO/OMS, Código Alimentario Español), dosis controladas (IDA, DDA), clasificación funcional (colorantes, conservadores, emulsionantes, acidulantes, antiespumantes, edulcorantes, clarificantes, antiaglomerantes y nutrimentos) y la importancia de los aditivos en los alimentos. La percepción pública del uso de los aditivos es a veces negativa, pero en realidad su uso controlado como sustancias naturales o artificiales que se añaden intencionalmente a los alimentos para mantener o recuperar cualidades perdidas durante la elaboración, tiene aspectos favorables y por eso se ha mantenido su práctica industrial.

Para concluir, se sugieren dos ejercicios para: 1. Familiarizarse con los aditivos comerciales y sus funciones; 2. Revisar los aditivos indicados en las etiquetas de los alimentos de consumo diario, y analizar su inocuidad. Se presenta la justificación para usar el lactato a fin de controlar toxiinfecciones alimentarias. Debido a la controversialidad del tema, se plantea tomar posición frente al significado para la salud humana de una industria de alimentos sin aditivos, como la representada por los productos orgánicos.

El mito de la alimentación natural consiste en atribuir a los llamados “alimentos naturales” propiedades que son, de hecho, sobrenaturales, sin posible explicación racional.

¿Qué es un alimento natural?

<http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/novedades/quees.htm>

Contenido

- 12.1 Origen de los aditivos
- 12.2 Definición de aditivo
- 12.3 Nomenclatura de los aditivos
- 12.4 Regulación de los aditivos
- 12.5 Clasificación de los aditivos
- 12.6 Importancia de los aditivos en los alimentos

Aditivos

12.1 Origen de los aditivos

Los aditivos alimentarios, ya sean de origen natural o sintético, son sustancias diferentes al alimento y que se le agregan a estos de forma intencional, bien sea en etapas de producción, almacenamiento o envasado para lograr ciertos beneficios, como por ejemplo evitar su deterioro por microorganismos, conservar su frescura, mejorar su valor nutritivo o desarrollar alguna propiedad sensorial.

El empleo de los aditivos permite extender la vida útil de los alimentos; sin embargo, las funciones de los aditivos en la industria de alimentos no se limitan a la conservación, porque además permiten aumentar la diversidad de la dieta y mejorar la apariencia de los alimentos.

Existen más de 3500 compuestos dentro de esta categoría; de todos ellos, la gran mayoría se puede agrupar en los siguientes grupos: Colorantes, conservadores, emulsionantes, acidulantes, antiespumantes, edulcorantes, clarificantes, antiaglomerantes y nutrimentos.

Los aditivos se pueden utilizar como complemento en la fabricación de alimentos pero no se pueden utilizar para enmascarar materia prima deteriorada para enmascarar el producto final.

Cada país debe tener sus propias leyes para el uso de aditivos, la mayoría de ellos, como Estados Unidos, Japón, Alemania, Inglaterra

y Francia, llevan a cabo análisis toxicológicos antes de usarlo para demostrar la seguridad o inocuidad de ellos.

12.2 Definición de aditivo

Se conoce como aditivo a las sustancias o mezclas de sustancias naturales o sintéticas que se le adicionan intencionalmente a los alimentos durante las etapas de producción, almacenamiento o envasado para lograr ciertos beneficios o mejorar algunas características para obtener un mejor producto, como por ejemplo, evitar el deterioro causado por los microorganismos, conservar su frescura, mejorar su valor nutritivo o mejorar sus propiedades sensoriales.

12.3 Nomenclatura de los aditivos

Para facilitar su uso, etiquetado y ser reconocibles internacionalmente se nombran mediante un código alfanumérico, donde la cifra de las centenas hace referencia al tipo de aditivo, clasificado en los siguientes grupos: 1. Colorantes; 2. Conservadores; 3. Antioxidantes; 4. Acidulantes; 5. Espesantes; 6. Edulcorantes. En la Tabla 12.1 se presentan los códigos asignados a ciertos grupos de aditivos, los cuales tienen la letra E, seguida de tres dígitos.

Tabla 12.1
Codificación de aditivos según categorías funcionales

Código	Categoría funcional
E-100 en adelante	Colorantes
E-200 en adelante	Conservadores
E-300 a E-325	Antioxidante
E-325 en adelante	Acidulantes
E-400 en adelante	Espesantes, gelificantes, emulsionantes y estabilizadores
E-600 hasta E-999	Aromatizantes, edulcorantes y potenciadores de sabor

Fuente: Vit, 2002.

12.4 Regulación de los aditivos

El uso de aditivos está regulado por ley y en el Código Alimentario Español y la reglamentación técnico sanitarias que lo desarrollan y fijan las condiciones generales para su autorización.

Existe además una referencia internacional dada por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios, encargado de evaluar estos productos y de revisar su seguridad. De esta forma las Directivas Europeas que, posteriormente, se incorporan a la legislación nacional de los Estados miembros, gozan de la máxima seguridad.

Con el fin de controlar al máximo la dosis incorporada de aditivos al alimento, se ha establecido el IDA (Ingesta Diaria Admisible) o DDA (Dosis Diaria Aceptable) que expresa en miligramos el aditivo por Kg. de peso corporal, es decir, la dosis que el ser humano puede consumir durante un período prolongado, incluso durante toda la vida sin peligro para la salud.

El Código Alimentario Español solo contempla el uso de aditivos en los siguientes casos:

Cuando exista una necesidad manifiesta y que represente una mejora evidente sobre las condiciones de los alimentos.

1. Cuando se haya comprobado experimentalmente que su uso está exento de peligro para el consumidor.
2. Cuando reúne las debidas condiciones de pureza.
3. Cuando pueda identificarse en los alimentos mediante métodos analíticos sencillos.

Se prohíbe la adición de aditivos siempre que exista la posibilidad de lograr los mismos efectos por otros métodos, si puede provocar engaño al consumidor por enmascarar la verdadera calidad del alimento, si disminuye el valor nutritivo del alimento o si se le agregan a los alimentos para niños y lactantes.

El consumidor reacciona muy negativamente a los aditivos por lo que la publicidad ha utilizado frases como: “sin colorantes ni conservantes”, “sin aditivos”, para promover la venta de los alimentos.

El consumidor desea obtener una buena calidad del alimento al mejor precio, fácil conservación, una mínima conservación de los productos en el tiempo, sin deterioro de su sabor, color y blandura.

Para ello las empresas agroalimentarias se ven obligadas a utilizar aditivos alimentarios en el marco de lo que la ley vigente les permite.

12.5 Clasificación de los aditivos

En la Tabla 12.2 se presentan los tipos de aditivos utilizados en la industria de alimentos y se indican las funciones que cumple cada uno de ellos.

Tabla 12.2
Aditivos utilizados en la industria alimentaria

Aditivos	Función
01 Colorantes	Recuperar el color original o cambiar el color.
02 Conservadores	Dificultan el desarrollo de microorganismos.
03 Emulsionantes	Favorecer la formación de estructuras coloidales.
04 Acidulantes	Controlan la acidez.
05 Antiespumantes	Interfieren con la película que englobaría el aire.
06 Edulcorantes artificiales	Endulzar con propiedades dietéticas.
07 Clarificantes	Eliminan turbidez.
08 Antiaglomerantes	Anular la acción de agentes ligantes.
09 Nutrimientos	Mejoran las características nutricionales.
10 Antioxidantes	Protegen contra la acción de radicales libres.

Modificado de: Vit, 2002.

A continuación se explican las funciones de cada tipo de aditivo y se ofrecen ejemplos de colorantes, conservadores, emulsionantes, acidulantes, antiespumantes, enzimas, alcoholes, edulcorantes, clarificantes, antiaglomerantes, nutrimentos y antioxidantes utilizados en la industria de alimentos.

1. **Colorantes:** El color de los alimentos es definitivamente muy importante para el consumidor, ya que siendo el primer contacto que tiene con ellos es determinante para que un alimento sea aceptado o rechazado.

Básicamente hay dos tipos de colorantes: naturales y sintéticos. Entre los colorantes naturales se encuentran: carotenoides, clorofila, ácido carmínico y caramelo. Los colorantes sintéticos se obtiene mediante un proceso químico industrial y existe una gran cantidad de ellos. Los principales colorantes sintéticos son: El azul No. 1, llamado azul brillante, el color rojo cítrico No. 2, el rojo No. 4, el rojo No. 40, el amaranto o rojo No. 2., el amarillo No. 6, la eritrosina o rojo No. 3 y el verde No. 3.

2. **Conservadores:** Son aditivos utilizados para prevenir el crecimiento microbiano de hongos, levaduras y bacterias.

Su efectividad depende de varios factores: especificidad de acción, composición del alimento (pH, fuerza iónica, actividad acuosa, disponibilidad de nutrimentos etc.), nivel inicial de contaminación y manejo de la distribución del producto terminado; ej.: Benzoatos parabenos, acetatos, sorbatos, sulfitos, nitritos, nitratos, antibióticos etc.

3. **Emulsionantes:** También se llaman surfactantes; su función es estabilizar la mezcla de líquidos inmiscibles que pueden ser: 1. Aceite en agua; 2. Agua en aceite.

Estos aditivos reducen la tensión superficial lo cual provoca que las dos fases logren un contacto más estrecho y se estabilicen.

Ej.: Las tensiones superficiales del agua y el aceite son de 72 y 34 dinas /cm. a temperatura ambiente, por lo que existe un rechazo mutuo, sin embargo la simple adición de 0.01 del aditivo estearoil-2-lactilato de sodio reduce la tensión del agua a la tensión del aceite y así se logra que las dos fases se estabilicen.

Estos tipos de aditivos se clasifican según su estructura química, conforme a su grado de ionización en dos grandes grupos: 1. Iónicos, que a su vez se subdividen en aniónicos y catiónicos. Ej.: Sales biliares, fosfolípidos, proteínas y gomas; 2. No Iónicos, son los que más se utilizan en la industria alimentaria, no tienen la actividad de los iónicos por lo tanto son más estables y efectivos.

4. **Acidulantes:** También llamados ácidos, cumplen diferentes funciones cuando se le agregan a los alimentos; entre las principales están las siguientes: reducción de pH evitando el crecimiento microbiano; saborizante, porque produce e intensifica ciertos sabores; promotor de reacciones del curado en los derivados cárnicos; cataliza la actividad de los antioxidantes; modifica la viscosidad de algunos productos; coagulante de la leche: inhibidor de las reacciones de oscurecimiento; agente hidrolizante de la sacarosa y del almidón y promotor junto con la sacarosa en la gelificación de las peptinas. Ej. de estos aditivos están:

Ácidos orgánicos como acético, benzoico, cítrico, fumárico, láctico, málico, propiónico, sórbico, succínico y tartárico.

Entre los ácidos inorgánicos más comunes se utilizan el ácido fosfórico y clorhídrico.

Algunos de estos ácidos se encuentran de manera natural en los alimentos por Ej. el ácido cítrico en los vegetales; ácido málico en

manzanas, peras, plátanos y zanahorias; ácido tartárico localizado en uvas aguacates y toronjas.

La selección de un ácido como aditivo está determinada por varios factores como son: solubilidad, compatibilidad con los otros constituyentes del alimento, costo etc.

5. Antiespumantes: Son aditivos que se le añaden a los lípidos para evitar que estos formen espuma durante su agitación. Estos actúan produciendo un aumento de la tensión superficial lo que hace que las espumas sean inestables y difíciles de crearse. Entre los compuestos más conocidos están el dimetil-polisiloxano, los ácidos grasos láurico, oleico, esteárico y palmítico, los estearatos de aluminio y de amonio y la oxiestearina.

6. Edulcorantes: Son agentes que producen en los alimentos el sabor dulce; esto se debe a un gran número de compuestos químicos, ya sean naturales o sintéticos, que dan estas propiedades sensoriales que son agradables a los individuos. Entre ellos tenemos:

Mono y oligosacaridos (glucosa, fructosa, sacarosa, lactosa, miel de abeja y azúcar invertido).

1. Glucósidos (filodulcina, osladina y glicirisina).
2. Alcoholes polihídricos (sorbitol y xilitol).
3. Proteína (miralina, monelina, taumatina).

Los de naturaleza sintética están constituidos por: acesulfame, aspartame, ciclamatos, dulcina y sacarina.

El poder edulcorante se mide subjetivamente tomando como base la sacarosa, a la que se le da un valor arbitrario del 1 al 100.

La sustitución de la sacarosa por edulcorantes sintéticos no es sencilla ya que ésta no sólo actúa como edulcorante, sino como conservador y para conferir al producto una textura y una consistencia adecuada, por ejemplo, en las mermeladas.

7. Clarificantes: En la manipulación y elaboración de productos líquidos como cerveza, vino y jugo, se presenta una turbidez que es necesario eliminarla para evitar un aspecto desagradable en el producto, esta situación se debe a diversos sólidos poliméricos en suspensión, tales como proteínas, pepsina y taninos, por eso para su eliminación se utilizan los agentes clarificantes tales como las enzimas pépticas y proteolíticas, gelatina, ácido tánico, bentonita y el polivinilpirrolidona.

Los agentes clarificantes actúan dando lugar a complejos inestables que precipitan, como es el caso de las proteínas y los taninos.

8. **Antiaglomerantes:** Este tipo de aditivo tiene como función evitar la adherencia o aglomeración de partículas de un producto seco en polvo, por ejemplo de alimentos en polvo, huevo, azúcar, sal, harina, especies molida y ayudar a que estas fluyan fácilmente por eso se le llaman también antipelmazantes. Los antiaglomerantes más utilizados en los alimentos son:

Dióxido de silicio, el silicato de aluminio, estearato de calcio, estearato de magnesio, fosfato tricálcico y celulosa microcristalina; ellos actúan en diferentes formas, como por Ej. los estearatos lubrican ciertos polvos reduciendo la fricción de sus partículas, el ferrocianuro de potasio actúa específicamente alterando la cristalografía del cloruro de sodio, el dióxido de silicio actúa como absorbente de la humedad.

9. **Nutrimientos:** La adición de nutrimentos a un alimento es muy complejo y antes de hacerlo se debe estudiar varios aspectos, como las necesidades del consumidor y el tipo de alimento base que se utilizará.

Se utilizan por alguna de las siguientes razones:

1. Preconstitución, para alcanzar el contenido original que tenía el alimento antes de su procesamiento.
2. Estandarización, para compensar la variación natural del nutrimento.
3. Enriquecimiento, para incrementar la cantidad normal que está presente en un producto.
4. Fortificación, para agregar nutrimento que normalmente no está presente en los alimentos.

Los nutrimentos que normalmente se agregan son vitaminas, aminoácidos y minerales y se usan cuando el consumo del nutrimento está por debajo de la dieta; el alimento base debe consumirse en cantidades importantes y adecuadamente; la adición no debe provocar un desequilibrio de los nutrimentos indispensables del alimento base; el compuesto añadido es estable en las condiciones de procesamiento, almacenamiento y consumo del alimento; el nutrimento se añade en una forma fisiológicamente disponible y que no existan problemas de toxicidad causada por el nutrimento en las concentraciones añadidas.

Vitaminas: La adición de este nutrimento resulta complicada ya que deben homogeneizarse completamente en el alimento sólido o líquido.

Dentro de las vitaminas más utilizadas se encuentran: la vitamina A, B, D, riboflavina, ácido nicotínico y la vitamina C.

Aminoácidos: Dentro de estos los más utilizados son la lisina y metionina bajo la forma de clorhidrato; particularmente para el caso de la lisina se ha utilizado bajo la forma de infusión en el caso de los cereales tales como: arroz, trigo y maíz y en condiciones adecuadas de temperatura y de humedad relativa.

En el caso de la metionina cabe indicar que un consumo excesivo de esta trae serios problemas de toxicidad.

Los minerales tienen determinado mecanismo de absorción, por lo que el simple hecho de adicionarlo no implica su aprovechamiento, cada sal de un mineral tiene una disponibilidad biológica que se refleja en su absorción y utilización en el cuerpo humano, por ejemplo el hierro que se puede presentar como citrato férrico, pirofosfato férrico, fumarato ferroso y sulfato ferroso y el calcio que se puede presentar en sales como: lactatos, fosfatos o gluconatos.

10. Antioxidantes: En la industria de alimentos es muy importante proteger los productos del enranciamiento oxidativo. Para tal fin, se utilizan antioxidantes de dos tipos: 1. Naturales (tocoferoles, palmitato de ascorbilo, ácido ascórbico, ascorbates). 2. Sintetizados (BHT butil hidroxí tolueno, BHA butil hidroxí anisol, TBHQ ter butil hidroxí quinona, galato de propilo, etoxiquina, Trolox C). Los antioxidantes insolubles en agua, se diluyen en sorbitol, glicerina o propilenglicol previa su incorporación en los alimentos hidrosolubles, de lo contrario, precipitarían y no podrían realizar su función.

12.6 Importancia de los aditivos en los alimentos

Por lo antes expuesto, se puede apreciar la importancia y el vasto rango de acción de los aditivos en la industria de los alimentos. Es importante conocer que en la industria de alimentos se utilizan más grupos de aditivos, los cuales se estudian en cursos más avanzados.

Los aditivos alimentarios son conceptualmente controversiales porque se asocian con ingredientes indeseables; sin embargo, sólo se trata de sustancias naturales o artificiales que se añaden intencionalmente a los alimentos para mantener o recuperar cualidades perdidas durante la elaboración. Por ejemplo, la lecitina y la bixina son aditivos porque no se consumen solos sino añadidas a los alimentos con funciones

de agente emulsionante y de colorante respectivamente. Los aditivos nutricionales no se admitieron inicialmente, pero hoy día se acepta esta función de los aditivos alimentarios porque su práctica se ha extendido para tratar problemas de salud pública (Vit, 2002).

La norma venezolana para aditivos alimentarios (COVENIN 910:2000) define 27 aditivos y trata los principios generales para su uso: 1. Limitaciones; 2. Dosis permitidas; 3. Inocuidad; 4. Buenas prácticas de fabricación; 5. Especificaciones para la identidad y pureza de los aditivos alimentarios; 6. Conformidad con el principio de transferencia del aditivo a los alimentos.

Ejercicios

E 12.1 Visite la empresa Pandock y pregunte cuáles aditivos de alimentos venden. Elabore una lista de esos aditivos y de sus funciones.

E 12.2 Seleccione diez alimentos de consumo frecuente en su dieta. Elabore una lista de los aditivos indicados en sus etiquetas. ¿Son aditivos inocuos para la salud?

Controversias en debate (Ced)

CED 12.1

El lactato y otras sales pueden emplearse para el control de patógenos siempre que no afecten sus propiedades organolépticas

La carne y productos derivados acostumbran a ser protagonistas de brotes de toxiinfección alimentaria. Su periódica aparición pone de manifiesto la importancia de la aplicación escrupulosa de medidas de control higiénico bien conocidas y de la oportunidad de incorporar barreras de seguridad en los elaborados cárnicos. Los lactatos y otras sales han demostrado su eficacia como métodos complementarios preventivos. Satisfacer la demanda del consumidor de productos cárnicos preparados o semielaborados, que puedan cocinarse con un esfuerzo mínimo, en un corto espacio de tiempo y con una vida útil razonable es uno de los mayores retos para la industria cárnica. Los

productores necesitan encontrar un equilibrio óptimo entre frescura y sabor por un lado y seguridad y vida útil por otro. Los últimos brotes de salmonelosis han puesto en duda este el riesgo de contaminación con microorganismos patógenos, así como inhibir su crecimiento durante los procesos de manipulación y almacenamiento.

Los ácidos orgánicos como el láctico, acético o cítrico, entre otros, tienen el gran inconveniente de modificar el pH del alimento sobre el que se aplica, lo que induce a cambios en el color, aroma, etc. Por este motivo, desde hace tiempo se ha trabajado sobre la sal, no sobre el ácido, por lo que se tiende a aplicar lactato, acetato, citrato o cualquier otro compuesto salino de este grupo. Los lactatos tienen en general un pH neutro. Su aplicación, por tanto, no varía el balance ácido de los elaborados cárnicos; por el contrario, debido a su efecto tampón ayuda a mantener el pH de la carne a lo largo de su vida útil, y por tanto, ayuda a reducir la formación de exudados.

Rodríguez Jerez JJ

<http://www.consumaseguridad.com>

CED 12.2

La industria de alimentos sin aditivos, sería más sana

La agricultura convencional utiliza numerosos productos para matar a insectos y otras plagas, otras plantas que surgen junto al cultivo, combatir enfermedades, alterar el crecimiento, etc. Todos estos productos no son inocuos, aún en dosis mínimas. Tampoco sus efectos a largo plazo y los de sus infinitas posibles combinaciones en nuestro organismo. La agricultura biológica los evita. Contribuye a mantener la salud de los agricultores y consumidores, al no utilizar biocidas ni semillas transgénicas, y producir alimentos equilibrados en nutrientes. Los productos biológicos, cultivados sin uso de agroquímicos, respetando los ritmos naturales, sin aditivos, son equilibrados y muy ricos en nutrientes. Por estas razones se recomienda seleccionar alimentos biológicos, conocidos también como alimentos orgánicos.

http://www.vidasana.org/varios/consumo_razones.asp

Referencias

- Dergal SB (1993) *Química de los Alimentos*. Tercera Edición. Pearson Educación; Naucalpan de Juárez, México; 648 pp.
- Bello Gutiérrez J (2000) *Ciencia Bromatológica. Principios Generales de los Alimentos*. Ediciones Días de Santos SA; Madrid, España; 577 pp.
- Cheftel JC, Cheftel H (1976) *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 333 pp.
- COVENIN (2000) *Norma General para Aditivos Alimentarios*. Fondonorma; Caracas, Venezuela; 20 pp.
- Fennema OR (1982) *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 1095 pp.
- Leslie Hart, AM, Harry Fisher, *Análisis Moderno de los Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España.
- Vit P (2002) *Apuntes de Tecnología de Alimentos*. Ed. Facultad de Farmacia ULA; Mérida, Venezuela; 214 pp.
- www.pasqualinonet.com.ar/losaditivos.htm (Recuperado el 29.05.06).
- <http://www.consumaseguridad.com/web/es/investigacion/2005/09/07/19918.php> (Recuperado el 27.06.06)

Capítulo 13

Nuevas tecnologías

Patricia Vit

Las nuevas tecnologías surgen porque existen otras formas de conservar los alimentos, diferentes a las tradicionales; pero especialmente, las tecnologías emergentes son nuevas tendencias de conservación sugeridas para disminuir el uso del calor en la industria alimentaria. El conjunto de métodos no térmicos utilizados para la conservación de alimentos, se conoce como nuevas tecnologías cuando se incluye la irradiación, y como tecnologías emergentes cuando el calor se sustituye por otras energías que también permiten conservar los alimentos por altas presiones, campos eléctricos pulsantes, campos magnéticos oscilantes y pulsos luminosos.

Estas propuestas de conservación no térmica reducen el gasto energético y el tiempo de tratamiento, permiten mejorar la calidad del alimento por ser menos invasivas y también extienden su vida útil. El estudio de su efectividad no se limita a la inactivación microbiana sino también a la inactivación enzimática, la conservación de vitaminas y de las características organolépticas.

Finalmente se sugieren dos ejercicios de búsqueda electrónica con palabras clave en inglés y en castellano, de nuevas tecnologías para conservar alimentos. Se presenta un tema de reflexión sobre los subsidios para el hambre y cómo podrían las tecnologías emergentes hacer historia para resolver el problema del hambre.

Los conocimientos ancestrales, por su carácter colectivo, se definen a través de sistemas bioculturales, considerados en las actuales agendas de los nuevos actores emergentes en la arena política

Armando Fernández Soriano
www.revistafuturos.info/

emergente: *que nace, sale y tiene principio de otra cosa.*
Diccionario de la Real Academia Española.

Contenido

- 13.1 Fundamentos de la conservación por nuevas tecnologías
- 13.2 Irradiación
- 13.3 Altas presiones
- 13.4 Campos eléctricos pulsantes
- 13.5 Campos magnéticos oscilantes
- 13.6 Pulsos luminosos
- 13.7 Equipos multidisciplinares estudian los alimentos del futuro

Nuevas tecnologías

13.1 Fundamentos de la conservación por nuevas tecnologías

Las nuevas tecnologías surgen porque existen otras formas de conservar los alimentos, diferentes a las tradicionales; pero especialmente, las tecnologías emergentes son nuevas tendencias de conservación sugeridas para disminuir el uso del calor en la industria alimentaria. Se refieren al conjunto de métodos no térmicos utilizados para la conservación de alimentos.

El control del deterioro de los alimentos se realiza con sistemas que permiten una mejor conservación de sus propiedades organolépticas y nutricionales mediante energías diferentes al calor. Entre estas nuevas tendencias, se han considerado las altas presiones, los campos eléctricos pulsantes de alta intensidad, los campos magnéticos oscilantes, la irradiación y los pulsos luminosos, las cuales se proponen como una alternativa o como un proceso complementario de los métodos tradicionales.

Estas propuestas de conservación no térmica reducen el gasto energético y el tiempo de tratamiento, permiten mejorar la calidad del alimento por ser menos invasivas y también extienden su vida útil. El estudio de su efectividad no se limita a la inactivación microbiana sino

también a la inactivación enzimática, la conservación de vitaminas y de las características organolépticas.

13.2 Irradiación

Se utilizan rayos gamma o rayos X generados por un acelerador de electrones. Las dosis de irradiación se miden en unidades kilogray (kGy).

El uso de radiaciones ionizantes en conservación de alimentos fue utilizado exitosamente para inactivar el parásito humano *Trichinella spiralis* en la carne de cerdo. Esta tecnología se utiliza ampliamente en la industria farmacéutica, pero su uso en la industria alimentaria es más reciente y menos extendido.

Dosis de irradiación 0.05-0.15 kGy permiten inhibir el brote de bulbos y tubérculos. También se irradian granos, frutas y especias con dosis de 0.01-1.00 kGy, las cuales son suficientes para matar insectos. El tratamiento puede aplicarse en alimentos envasados, congelados o a temperatura ambiente, impidiendo la recontaminación.

Si bien se trata de una tecnología versátil, el nicho del mercado para los productos irradiados es muy limitado por diversas razones. El costo de los equipos es elevado, la regulación y seguridad del proceso es exigente y la aceptación del consumidor es baja.

13.3 Altas presiones

La pasteurización con altas presiones se conoce también como pascalización. Esta variable termodinámica produce efectos estructurales y de procesamiento biológico. Presiones hidrostáticas elevadas entre 4000 y 9000 bar pueden inactivar microorganismos y enzimas sin afectar las características de sabor y nutricionales del alimento. Los alimentos deben acondicionarse en envases herméticos flexibles antes de introducirse a la cámara de presión, donde se comprimen gases o agua como medios transmisores de la presión. A 6000 bar, el volumen del agua disminuye en un 15%. La presurización no altera los enlaces covalentes pero puede causar modificaciones irreversibles en proteínas y polisacáridos ricos en puentes de hidrógeno. También

causa gelificación de los lípidos. El efecto protector ocurre porque las membranas lipoproteicas de los microorganismos indeseables pierden sus funciones, los esporulados son más resistentes.

Es un tratamiento que permite disminuir el tiempo de procesamiento porque es independiente de la masa ya que la presión es uniforme.

Las altas presiones se utilizan para tratar jugos de frutas, huevos, ovoproductos, mermeladas, leche y productos lácteos. En la Tabla 13.1 se presentan algunas aplicaciones de la pascalización en la industria de alimentos, las cuales son liderizadas por los japoneses.

Tabla 13.1
Aplicaciones de la pascalización en la industria de alimentos

Producto	Tratamiento	Envase	Empresa
Yogur	400 MPa, 20°C, 10-30 min	Copa plástica	Meidi-ya
Jugo de mandarina	300-400 MPa, 20°C, 2-3 min	Botella de vidrio	Wakayama
Frutas para sorbetes	50-200 MPa, 20°C, 2-10 min	Copa de papel	Nisshin
Carne de vaca	100-250 MPa, 20°C, 30-180 min	Bolsa plástica	Fuji Chiku & Mutterham
Pastel de arroz	400 MPa, 20 °C, 10 min	Bolsa plástica	Echigo Seika

Fuente: Shafiur Rahman, 2003.

En la Figura 13.1 se presenta un equipo de planta piloto para conservar alimentos por altas presiones, del Instituto del Frío, del R+D CSIC en Madrid, España. Pueden apreciarse las dimensiones del equipo piloto instalado en el piso; sin embargo, los equipos experimentales pueden ser de mesa y permiten investigar los tratamientos de altas presiones requeridos para inactivar microorganismos en los alimentos.

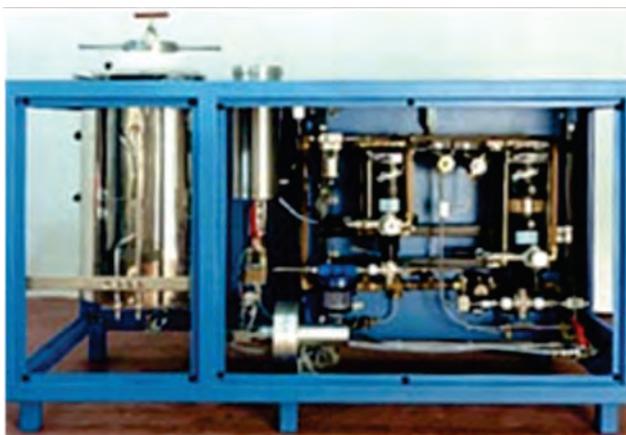


Figura 13.1 Equipo de planta piloto para conservar alimentos por altas presiones

Fuente: <http://www.csic.es/ott/rdcsic/rdcscicesp/rdal22esp.htm>

13.4 Campos eléctricos pulsantes

Otra tecnología emergente logra inactivar enzimas y microorganismos por aplicación de campos eléctricos que sobrepasan un umbral de intensidad. Este método se basa en el principio de la ruptura dieléctrica causada por valores críticos del potencial transmembrana, a partir del cual se forman poros que aumentan la permeabilidad de la membrana.

Existen varias opciones para aplicar la energía eléctrica con fines de pasteurización: 1. Calentamiento óhmico; 2. Calentamiento con microondas; 3. Estimulación con campo eléctrico; 4. Descarga de arco de alto voltaje; 5. Aplicación de campo eléctrico pulsado de alta intensidad, la cual es una tecnología emergente.

En general, el aumento del campo eléctrico, del número de pulsos y del tiempo de tratamiento aumenta la letalidad no térmica. El tratamiento se realiza en cámaras estáticas por donde circula la corriente cuyo voltaje y fuerza del campo eléctrico se registra con un osciloscopio en unidades de pulso eléctrico $\text{kV}\cdot\text{cm}^{-2}$.

Las bacterias Gram positivas y las levaduras son más resistentes a los campos eléctricos pulsantes de alta intensidad que las bacterias Gram negativas.

Este método suele aplicarse combinado con refrigeración y dosis de por lo menos 30 kV.cm⁻² sustituyen la pasteurización de jugos de frutas, sopas vegetales, leche y huevos fluidos.

En la Figura 13.2 se ilustra un equipo de pulsos eléctricos de alto voltaje, el cual permite la inactivación de células vegetativas mediante pulsos eléctricos de onda cuadrada sin calentamiento del alimento a temperaturas del medio de tratamiento inferiores a 35°C, en sistema continuo que aplica pulsos eléctricos de caída exponencial.



Figura 13.2 Equipo de Pulsos Eléctricos de Alto Voltaje

Fuente: http://www.unizar.es/cta/GrupoTecnico/fotos_equipos/pef1.jpg

13.5 Campos magnéticos oscilantes

Los campos magnéticos naturales pueden ser estáticos u oscilantes, dependiendo del cambio de intensidad y dirección. Las membranas celulares se orientan en los campos magnéticos debido a su naturaleza anisotrópica. Los campos magnéticos oscilantes se aplican con pulsos donde se invierte la carga alternadamente.

El tratamiento se realiza en alimentos empacados herméticamente en envases no metálicos, con dosis de 1-100 pulsos con frecuencias de 5-500 kHz a temperaturas entre 0-50°C por un tiempo de 25µs a 10 ms.

Los alimentos tratados con pulsos magnéticos oscilantes conservan sus propiedades organolépticas y nutricionales. Jugos de naranja han sido tratados efectivamente con este método y podría ampliarse su aplicación.

13.6 Pulsos luminosos

Los pulsos luminosos son flashes intensos y de corta duración, de luz blanca de ancho espectro. El espectro de luz utilizado está comprendido entre el ultravioleta (UV) y el infrarrojo (IR) y puede esterilizar cuando se aplica en forma intermitente. El componente ultravioleta es el principal agente bactericida de la luz solar. La intensidad de la luz solar puede incrementarse en 20000 veces si se aplica en 20 ráfagas/segundo.

Esta tecnología emergente aumenta la temperatura de una fina capa superficial del alimento, y puede inactivar los microorganismos por acción fototérmica y fotoquímica. El calor generado por la energía lumínica es muy pequeño si se compara con el procesamiento térmico tradicional. La temperatura alcanza 50-100°C en unos 10µm de la capa superficial del alimento y debe controlarse que no aumente la temperatura profunda. La población vegetativa puede reducirse en nueve ciclos logarítmicos y la población de esporas en siete, sobre una superficie lisa y no porosa; sin embargo, éste no es el caso de los alimentos, donde se obtienen reducciones de tres y dos ciclos logarítmicos.

Generalmente, los pulsos duran 1µs-0.1s y se aplican con una frecuencia de 1-20 flashes/s. La densidad energética debe ser de 0.01-50 J.cm⁻² en la superficie a esterilizar, de manera que al menos 70% de la energía electromagnética se distribuya en el rango de 170 -2600 nm.

Este método puede sustituir o eliminar desinfectantes químicos que dejan residuos en las superficies de alimentos envasados asépticamente, cárnicos, pescados, frutas, hortalizas y horneados. Este método produce inactivación fotoquímica y no sólo se limita a microorganismos sino también puede inactivar enzimas como la polifenoloxidasas, responsable del pardeamiento enzimático. También permite reducir niveles de contaminación en las superficies de los

equipos industriales. Puede emplearse en alimentos ya envasados, si los envases son transparentes y transmiten 10-50% de la energía luminosa.

13.7 Equipos multidisciplinarios estudian los alimentos del futuro

Los retos de la industria de alimentos, podrían buscar la simplificación de los hábitos alimentarios o satisfacer la demanda creciente de productos, nuevos, emergentes, insólitos, geniales o quizás simplemente característicos de la crisis civilizatoria.

El control de la higiene y la inocuidad es prioritario, pero la conservación energética y de los recursos hídricos también adquiere sus dimensiones. Optimizar los parámetros de producción y diseñar nuevas tecnologías nunca ha sido una actividad solitaria, y hoy más que nunca se requieren equipos multidisciplinarios para estudiar los alimentos del futuro. En la Figura 13.4 se puede observar un grupo de personas que trabajan en una plataforma de tecnología de alimentos en Francia. Ya no hay fronteras para conservar alimentos por métodos tradicionales, quizás hasta podríamos pensar en polvo de las distantes estrellas o en el poder de la poesía para prevenir el deterioro alimentario. Pero sin ir tan lejos, repasamos que las altas presiones, los campos eléctricos, los campos magnéticos, los pulsos luminosos, ya se aceptan como tecnologías emergentes para conservar alimentos, que la irradiación de alimentos no es tan reciente y que los métodos combinados son una solución de rutina, comenzando por el cartón de leche pasteurizada. Las altas temperaturas, el empaque y la refrigeración son tres métodos de conservación para inactivar patógenos, aislar del medio ambiente y retardar el deterioro del producto elaborado. Los alimentos del futuro incorporarán los avances tecnológicos en sus herramientas de conservación, así como las casas, las vías de comunicación y hasta la ropa que vestiremos.



Figura 13.3 Grupo multidisciplinario de tecnología de alimentos
Fuente: <http://www.agir-crt.com/>

Ejercicios

E 13.1 ¿Qué se encuentra en internet cuando se buscan tecnologías emergentes para conservar alimentos?

E 13.2 ¿Puede mejorar su búsqueda utilizando palabras clave en inglés?

Controversias en Debate (ced)

CED 13.1

¿Cree usted que las tecnologías emergentes lograrán que el hambre quede atrás en la historia?

Devinder Sharma reside en Nueva Delhi, India, y es analista de políticas alimentarias y comerciales. En su artículo “Hacer Historia el Hambre”, trata el tema de los subsidios como aparece a continuación. Una y otra vez, el énfasis recaía sobre el comercio mundial y la inversión. Más que la condonación de la deuda externa -que supera los 295.000 millones de dólares en el caso de África- o el aumento de la ayuda para el desarrollo, el comercio fue proyectado como la estrategia correcta hacia el crecimiento. Dado que no hubo ningún compromiso de eliminar los enormes subsidios agrícolas de los países ricos integrantes de la

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), equivalentes a 321.000 millones de dólares el año, el paradigma del desarrollo sugerido para algunos de los países más pobres del mundo sólo multiplicará la pobreza y el hambre. Los subsidios agrícolas representan alrededor del séxtuplo de la ayuda prometida para África.

Los subsidios agrícolas deprimen los precios mundiales y permiten a las empresas de alimentos verter productos agrícolas altamente subsidiados en países en desarrollo. Para éstos, la importación masiva de alimentos equivale a la importación de desempleo, que contribuye a la pobreza y el hambre. Después de todo, ¿cuál es la razón de que Europa produzca un superávit de leche de doscientos por ciento para los próximos diez años? Visto que India ya tiene un excedente y China no necesita leche para consumo humano, todo el excedente está destinado a África. Los líderes del G-8 deben, entonces, limitar la producción agrícola en sus propios países. Numerosos estudios han demostrado que los subsidios agrícolas se usan para destruir el sustento de los agricultores de países en desarrollo, lo que representa una grave amenaza a la seguridad alimentaria. Salvo discursos, nada se ha hecho para poner fin a los subsidios de exportación. Al mismo tiempo, se prevé que la fuerza de la inversión privada empujará la industria de los alimentos transgénicos a África. Dado que Europa se niega a aceptar esos productos por razones de seguridad humana y ambiental, líderes del G-8 están a la búsqueda de otros mercados. África es el vertedero perfecto.

Tal enfoque se opone al objetivo de la autonomía alimentaria. Los líderes del G-8 se niegan a aceptar que la única salida para África consista en fortalecer su agricultura para que obtenga seguridad alimentaria. África debería aplicar las mismas medidas que tomaron India y China, los dos países más poblados del mundo, a principios de la década del setenta. Ambos países cerraron las fronteras nacionales y proveyeron la mezcla de políticas adecuada para que los agricultores aumentaran su producción. El resto es historia.

Si un tercio de la población del planeta pudo salir de la pobreza y el hambre adoptando políticas nacionales que aseguraran la autonomía alimentaria, entonces África también puede hacerlo. Nunca una masa tan grande de personas salió de la pobreza y el hambre sin autonomía alimentaria, y nunca esa tremenda tarea podría ser cumplida mediante las privatizaciones y las agroempresas. Junto con políticas nacionales

adecuadas, el autoabastecimiento de alimentos es la única forma de “Hacer Historia el Hambre”, como se dio en llamar un espectáculo en Edimburgo. Una vez desaparecida el hambre, la pobreza también será historia, decía el mensaje. Pero, ¿alguien lo escuchó?.

Sharma, 2005.

CED 13.2

Los riesgos emergentes relacionados con las nuevas tecnologías

La Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional ha informado que, entre los años 1975 y 2000, el mundo perdió el 22 por ciento de sus tierras con alto potencial agrícola. Un grupo formado por científicos y representantes de ONG y de la industria, procedentes de varios sectores, formularon el primer planteamiento en materia de inocuidad que reclamaba una negociación interactiva entre investigadores, miembros de la industria, representantes de los poderes públicos y consumidores para formular las normas sobre inocuidad. Dichas normas harían de la inocuidad un criterio presente en los debates sobre desarrollo desde el principio y no al final, justo antes de la notificación del producto, e incluirían la supervisión después de la comercialización, la capacitación y la administración. La dependencia de factores de importancia directa para la evaluación de los riesgos de los productos resultantes de las nuevas tecnologías con respecto a los factores socioeconómicos o éticos será tratada en las tentativas de lograr una evaluación integral de las posibles consecuencias, en el marco de un proyecto que la OMS está llevando a cabo en la actualidad.

FAO/OMS

<http://www.fao.org/docrep/meeting/008/y5871s/y5871s0p.htm>

Referencias

- Bello Gutiérrez J (2000) *Ciencia Bromatológica. Principios Generales de los Alimentos*. Ediciones Días de Santos SA; Madrid, España; 577 pp.
- Casp A, Abril J (1999) *Procesos de Conservación de Alimentos*. A Madrid Vicente Ediciones & Ediciones Mundi-Prensa; Madrid, España; 494 pp.

- Fernández Soriano A. *América Latina y El Caribe, Ética y Conflictos Ambientales en el Nuevo Siglo*. http://www.revistafuturos.info/raw_text/raw_futuro3/Etica_AL_AF.doc
- Sharma D (2005) *Hacer Historia el Hambre*. Revista del Sur, N° 162 Octubre-Diciembre. http://www.redtercermundo.org.uy/revista_del_sur/texto_completo.php?id=2903
- Shafiur Rahman M (2003) *Manual de Conservación de los Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 863 pp.
- Vit P (2002) *Apuntes de Tecnología de Alimentos*. Ed. Fac. Farmacia ULA; Mérida, Venezuela; 214 pp.
- <http://www.agir-crt.com/> (Recuperado el 15.06.06)
- <http://www.csic.es/ott/rdcsic/rdcsciesp/rdal22esp.htm> (Recuperado el 15.06.06).

Capítulo 14

Sistema de empaquetado

Patricia Vit

Empacar un alimento podría apreciarse como una frontera entre la manufactura y el consumo del producto. La estabilidad entre los materiales del contenedor y el contenido es indispensable para cumplir las funciones técnicas del empaque para alimentos, las cuales son: 1. Evitar la contaminación post-procesamiento; 2. Suprimir, disminuir o controlar transferencias de materia (agua, gas, solutos) entre el alimento y el medio ambiente, o entre dos compartimientos diferentes (empaques comestibles); 3. Dosificar y facilitar la manipulación; 4. Distribuir el alimento en empaques primarios, secundarios y terciarios para su almacenamiento y transporte; 5. Ofrecer una presentación atractiva y segura en los lugares de venta. Los empaques se seleccionan según el grupo de alimentos, y pueden ser rígidos, semi-rígidos o flexibles. En este tema se considera el uso del cartón y del papel (propiedades, estructura, códigos de películas de celulosa), del metal (propiedades, tipos, recubrimientos protectores), del plástico (propiedades, tipos, termoplásticos, termofijos) y del vidrio (propiedades, pigmentación, clasificación) utilizados como materiales de empaque en la industria de los alimentos. También se realiza una breve consideración sobre las implicaciones ambientales de los empaques utilizados y descartados, los cuales pueden ser biodegradables o no. Finalmente se sugieren dos ejercicios vinculados con la observación de empaques de uso cotidiano y la familiarización con los materiales utilizados para fabricar empaques de alimentos.

Contenido

- 14.1 Fundamentos de la conservación por sistemas de empaquetado
- 14.2 Empaques para diferentes grupos de alimentos
- 14.3 Empaques rígidos, semi-rígidos y flexibles
- 14.4 Cartón y papel
- 14.5 Metales
- 14.6 Plásticos
- 14.7 Vidrio
- 14.8 Envases alimentarios y medio ambiente

Sistema de empaquetado

14.1 Fundamentos de la conservación por sistemas de empaquetado

La operación de empacar un alimento podría apreciarse como una frontera entre la manufactura y el consumo de un producto. Marsh (2001) compara algunas definiciones textuales de los empaques para contrastar las funciones de protección y de mercadeo, porque además de contener y conservar el alimento, el empaque es necesario para: 1. Informar; 2. Dispensar; 3. Facilitar la manipulación; 4. Mostrar; 5. Vender el producto. Así, los empaques permiten optimizar el almacenamiento y la comercialización de los alimentos después de la cosecha y del procesamiento.

La estabilidad entre los materiales del contenedor y el contenido es indispensable para cumplir las funciones técnicas del empaque para alimentos, las cuales son:

1. Evitar la contaminación post-procesamiento.
2. Suprimir, disminuir o controlar transferencias de materia (agua, gas, solutos) entre el alimento y el medio ambiente, o entre dos compartimientos diferentes (empaques comestibles).
3. Dosificar y facilitar la manipulación.

4. Distribuir el alimento en empaques primarios, secundarios y terciarios para su almacenamiento y transporte.
5. Ofrecer una presentación atractiva y segura en los lugares de venta.

14.2 Empaques para diferentes grupos de alimentos

El empaque de un alimento es un envoltorio protector con información que refleja cambios sociales, económicos y culturales de cada época. Además de satisfacer imperativos técnicos, la concepción del envase debe atraer fuertemente a determinados grupos según las variables del consumidor (edad, sexo, estado civil, número de hijos, ingresos, profesión, nivel cultural, rango social) y las variables del producto (utilización, beneficio, calidad, costo, comodidad, popularidad). Así, un envase se transforma en otro producto que acompaña al alimento que contiene y transmite mensajes precisos a diferentes segmentos de la población (Ver Tabla 14.1).

La selección del material de empaque es el resultado de un estudio integral del recorrido del alimento hasta el consumidor. Por ejemplo, las siguientes especificaciones podrían orientar una selección del material de empaque:

1. El acetato de celulosa es impermeable al agua pero no a su vapor.
2. El polietileno es impermeable al vapor de agua pero es poco impermeable a los gases y los olores externos.
3. El cartón puede impermeabilizarse al agua con tratamientos de plastificación, pero no es impermeable al vapor.
4. El celofán es muy impermeable a los gases pero no a la humedad.

Tabla 14.1

Alimento	Empaques comerciales
Productos de panadería	Papel, plástico.
Cereales para el desayuno	Cartón, plástico.
Chocolate	Papel, aluminio, latas.
Derivados lácteos	Cartón, plástico.

Productos cárnicos	Plástico.
Aperitivos salados	Papel, plástico, latas.
Frutas y hortalizas frescas	Plástico.
Café	Papel, plástico, latas.
Encurtidos	Vidrio.
Espicias	Papel, plástico, vidrio.

14.3 Envases rígidos, semi-rígidos y flexibles

Los materiales utilizados para empacar alimentos deben ser lo suficientemente resistentes para conferir protección contra elementos del entorno: 1. Aire; 2. Gases; 3. Golpes; 4. Humedad; 5. Insectos; 6. Luz; 7. Microorganismos; 8. Oxidación; 9. Parásitos; 10. Roedores. Los materiales pueden ser rígidos (aluminio, hojalata, madera, plástico, vidrio), semi-rígidos (cartón, plástico) o flexibles (aluminio, cartón, papel, plástico).

Las especificaciones de permeabilidad y de estabilidad determinan el uso de los materiales utilizados para empacar alimentos. La permeabilidad es la resistencia que ofrece el material al paso de gases o líquidos, y se mide como la cantidad de gas o líquido que penetra por unidad de tiempo y superficie. La estabilidad es la resistencia ofrecida por el material de envasado frente a cualquier cambio en sus propiedades mecánicas causadas por agua, vapor, calor, frío, etc.

Los envases pueden ser rígidos como las latas metálicas, las botellas y los frascos de vidrio o de plástico. También pueden ser flexibles como el papel y algunos tipos de plástico y laminados de aluminio. A continuación se presentan los diferentes tipos de materiales de empaque:

14.4 Cartón y papel

La pasta reciclada del papel es más económica que la pulpa nueva de la madera, pero no puede utilizarse en empaques primarios porque su contacto con el alimento representa un riesgo higiénico. El empaque secundario se elabora con cartulinas cuya resistencia mecánica depende del espesor. El cartón corrugado de color pardo se conoce como Fiberites y se emplea para embalajes y cajas. Su estructura

está formada por una capa ondulada entre dos capas lisas de papel Kraft. Esta chapa es muy resistente para empaques terciarios pero colapsa al mojarse. La presentación externa puede mejorarse con un costo adicional utilizando cartón blanco.

Las películas flexibles impermeables pueden ser de plástico o de papel laminado para lograr impermeabilidad y termosoldadura. El papel es celulosa laminada con espesores de 0,06 a 1,5 mm, siendo el más frecuente de 0,08 mm. Las películas de celulosa se designan con un código internacional compuesto por cuatro secciones (Ver Tabla 14.2). La primera indica el peso y consta de tres números derivados del peso en gramos por un área de 1 m², así una lámina de 35,0 g/ m² tendrá el número de código 350. La segunda sección, utiliza una o más letras para designar el tipo de película de base. En la tercera sección hay una letra adicional separada de una barra, que indica características especiales como /C (coloreada) y /V (superficie altamente deslizante). El cuarto lugar está ocupado por un sufijo con dos cifras correspondiente a un grupo de especificaciones de fabricación y uso. De esta manera, el código 365MXXT/A36 indica un gramado de 36,5g/m². (365) de un copolímero de celulosa cubierto por procedimiento de dispersión acuosa por ambos lados (MXXT/A) utilizado para galletería (36).

Tabla 14.2
Códigos para películas de celulosa

Código	Especificaciones
M	Nitrocelulosa cubierta por ambos lados.
MS	Nitrocelulosa cubierta por ambos lados termosoldable.
MXXT/S	Copolímero cubierto por procedimiento de disolvente por ambos lados.
MXDT/S	Copolímero cubierto por procedimiento de disolvente por un lado.
MXXT/A	Copolímero cubierto por procedimiento de dispersión acuosa por ambos lados.
MXDT/A	Copolímero cubierto por procedimiento de dispersión acuosa por un lado.
MXXB/S	Copolímero cubierto por procedimiento de disolvente por ambos lados, pero opacificado con pigmento blanco.
MXXB/A	Copolímero cubierto por procedimiento de dispersión acuosa por ambos lados, pero opacificado con pigmento blanco.
Símbolo	Característica especial
C	Coloreado, sigue el nombre del color.
P	No impermeable.
S	Temosoldable.

V	Alta facultad de deslizamiento.
Sufijo	Uso especial
11	Para tabaco.
12	Para tabaco, en zonas muy húmedas.
30	Película estándar para alimentos congelados.
36	Película estándar para galletería.
39	Flexibilidad aumentada.
41	Aprobado por la FDA.

14.5 Metales

El aluminio y la hojalata son los metales más utilizados en la industria de alimentos. En el 80% de las conservas se utilizan envases de hojalata y en el 20% restante se utiliza aluminio y vidrio.

El aluminio se obtiene por electrólisis de la alúmina (Al_2O_3) disuelta en criolita fundida a elevadas temperaturas. El material así obtenido es liviano, muy dúctil y resiste altas presiones internas como las generadas por la cerveza enlatada. La elevada ductilidad y la baja resistencia mecánica del aluminio, permiten su laminación en frío para obtener papel aluminio. Las latas de aluminio no tienen costura lateral y se hacen por embutido. Otra aplicación muy familiar es en las tapas de fácil abertura con anillo remachado.

La hojalata es una lámina de acero con bajo contenido de carbono, sometida a estañado electrolítico. Cuando el acero laminado no se recubre de estaño, el metal es poco resistente a la corrosión y se conoce como chapa negra. En la Tabla 14.3 se contrasta la composición de los cuatro tipos de acero L, MS, MR y MC. Puede observarse que los límites inferiores y superiores para el manganeso (0,25 – 0,60%) son iguales para todos los tipos de acero. El acero L se caracteriza por tener un bajo contenido en fósforo y cobre. Los aceros MR y MC se diferencian por su contenido en fósforo. Un bajo contenido en fósforo confiere mejor resistencia a la corrosión por ácidos débiles, pero la hojalata es menos dura, lo cual aumenta su maleabilidad pero disminuye su resistencia mecánica.

Tabla 14.3
Composición química porcentual de diferentes tipos de láminas de acero

Elementos	Tipos de acero			
	L	MS	MR	MC
Manganeso	0,25 – 0,60	0,25 – 0,60	0,25 – 0,60	0,25 – 0,60
Carbono	0,05 – 0,12	0,05 – 0,12	0,05 – 0,12	0,05 – 0,12
Fósforo	< 0,15	< 0,15	< 0,20	0,07 – 0,11
Azufre	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Silicio	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cobre	< 0,06	0,10 – 0,20	< 0,20	< 0,20
Níquel	< 0,04	< 0,04	-	-
Cromo	< 0,06	< 0,06	-	-
Molibdeno	< 0,05	< 0,05	-	-
Arsénico	< 0,02	< 0,02	-	-

Modificado de: Cheftel et al., 1976

Los tipos de acero determinan las cualidades para su uso según el riesgo de corrosión que representan los tipos de alimentos que contienen (Ver Tabla 14.4).

Tabla 14.4
Tipos de acero usados según el tipo de alimento enlatado

Tipo de alimento	Riesgo de corrosión	Tipo de acero
Fuertemente ácido (jugo de manzana)	Fuerte	L
Vegetales acidificados (repollo ácido, duraznos)	Moderado	MS – MR
De baja acidez (maíz, carne)	Ligero	MR – MC
Secos y no procesados (mantequilla, nueces)	No corrosivo	MR – MC

Modificado de: Corzo, 1993

Las láminas de aluminio, hojalata y chapa negra pueden recubrirse con esmaltes para prevenir reacciones químicas entre el alimento y el recipiente. La primera capa de esmaltes o barnices se extiende con un rodillo sobre las láminas y la segunda capa se aplica por pulverización. Las funciones de los recubrimientos protectores son: 1. Aumentar la resistencia a la acción corrosiva; 2. Evitar la formación

de manchas negras producidas por el contacto de proteínas sulfuradas con el envase; 3. Reducir la acción decolorante del estaño sobre los antocianos que colorean las frutas. En la Tabla 14.5 se muestran algunos tipos de esmaltes industriales para latas:

Tabla 14.5
Tipos de esmalte utilizados para recubrir latas alimentarias

Esmaltes	Funciones
R	Conservan los antocianos de cerezas, fresas y frambuesas.
C	Previenen la formación de sulfuro de hierro que causa coloración negra en maíz, guisantes, productos marinos y derivados de pollo, que pueden liberar azufre y reaccionar con la lata.
Fenólicos	Son muy resistente pero puede transmitir olor y sabor a productos marinos y alimentos para animales.
Epóxicos	Son térmicamente muy estables y se usan para alimentos grasos, pescado, paté, leche y huevos.
Vinílicos	Se usan en doble recubrimiento con esmaltes C, R o fenólicos para alimentos muy corrosivos como las bebidas gaseosas.

14.6 Plásticos

Los plásticos son polímeros orgánicos formados por cadenas o redes de monómeros. Algunos ejemplos son:

1. El polietileno $-(CH_2-CH_2)_n-$.
2. El cloruro de polivinilo conocido como PVC $-(CH_2-CHCl)_n-$.
3. El cloruro de polivinilideno conocido como cryovac $-(CH_2-CCl_2)_n-$.
4. El poliestireno $-(CH_2-CH-C_6H_5)_n-$
5. El politetrafluoroetileno $-(CF_2-CF_2)_n-$ se conoce como teflón.

Existen plásticos naturales como el hule, provenientes de resinas arbóreas, y plásticos sintéticos como los derivados del petróleo.

Según sus propiedades para ser remoldeados, los plásticos se clasifican en:

1. **Termoplásticos:** son aquellos que pueden moldearse y reutilizarse previa granulación.
2. **Termofijos:** son aquellos que luego de polimerizar en moldes no pueden fundirse para remoldearse.

En la Tabla 14.6 se muestran las propiedades y las aplicaciones de los plásticos usados en la industria de alimentos.

Las características de los plásticos utilizados en empaques son:

1. La baja densidad es ventajosa para los costos de transporte y almacenamiento.
2. La flexibilidad permite soportar grandes esfuerzos sin fractura.
3. Resistentes a la fatiga mecánica como los pliegues.
4. El bajo coeficiente de fricción permite evitar el uso de lubricantes.
5. La baja conductividad térmica orienta su uso como aislantes.
6. Altamente resistentes a la corrosión.
7. Buena resistencia al impacto.
8. Propiedades ópticas transparentes o modificables con colorantes.
9. Permite diseñar formas polifuncionales.
10. Materia prima económica.
11. Proveen hermeticidad para gases, agua y vapor.
12. No causa cortaduras o lesiones al usuario.
13. Inflamables y poco resistentes a la abrasión.

Tabla 14.6
Plásticos frecuentemente usados en empaques de alimentos

Plástico	Propiedades	Aplicaciones
Acetato de celulosa	Transparente, con brillo superficial, puede pegarse, soldarse, plegarse y moldearse.	Cajas pegadas y recipientes termomoldeados.
Clorhidrato de caucho (Plyofilm)	Transparente, muy elástico, resistente al choque y desgarre, hermético para aromas y vapor.	Película para envasar frutas, verduras, carne, embutidos, queso, ventanas de cajas.
Poliétileno de alta densidad (lineal, PEAD)	Transparente, muy hermético al vapor de agua, muy resistente al frío, resistente al impacto, sensible a álcalis y ácidos.	Envases para alimentos, bolsas de leche, películas contraíbles.
Poliétileno de baja densidad (ramificado, LDPE)	Claro a turbio lechoso, resistente al impacto, muy termoestable, hermético al vapor de agua y oxígeno, resistente a productos químicos.	Película para bolsas de ebullición, envases para comidas preparadas, cintas para sacos tejidos de PE.
Poliámidas (PA)	Termoestables, resistentes al desgarre y la abrasión, hermético a aceites, grasas y gases, puede soldarse, pegarse e imprimirse.	Envases para aceites y fabricación de embutidos.

Poliéster	Transparente, muy resistente al desgarre y a temperaturas extremas, hermético a aromas, gases y vapor de agua.	Empaques al vacío para carne fresca, envases con películas para estofados.
Polipropileno (PP)	Transparente, muy resistente al desgarre, poco resistente al impacto, hermético al agua, estable hasta 140°C.	Hilos para fabricar sacos, envases para pan y frutas.
Poliestireno (PS)	Transparente y rígido.	Bandejas y envases con ventanas.
Poliestireno de alto impacto	Opaco o cubierto, rígido, flexible o frágil, hermético a aromas, gases y agua.	Bandejas y envases con ventanas.
Cloruro de polivinilo rígido (PVC rígido)	Transparente, coloreado u opaco, resistencia mecánica, hermético a aromas, gases y vapor de agua, soldable y metalizable.	Envases para productos congelados, vasos moldeados en caliente.
Cloruro de polivinilo blando (PVC blando)	Transparente, coloreado y opaco, extensible, plegable y soldable.	Envase de amortiguación para productos pastosos.
Cloruro de polivinilideno (cryovac, PVDC)	Muy transparente, sellable, contraíble, esterilizable, resistente a ebullición, hermético a oxígeno y agua.	Capas sellados en caliente, sobre papel, celofán y aluminio. Envases para carne, pan queso.
Celulosa hidratada (celofán lacado)	Transparente, hermético al aire, aceite, grasa, aromas, sin lacar no puede sellarse, lacado en ambas caras puede sellarse con adhesivos especiales para hidrohermeticidad.	Empaques para productos secos como pastas, carnes, embutidos, dulces, mazapán.

14.7 Vidrio

El vidrio es un silicato complejo compuesto aproximadamente por un 75% de sílice (SiO_2) o arena, 15% de óxido de sodio (Na_2O) y 10% de óxido de calcio (CaO). Su estructura es una malla irregular de sílice, en la cual cada átomo de silicio está unido a cuatro átomos de oxígeno. Esta propiedad del silicio es equivalente a la del carbono en los compuestos orgánicos, ya que le permite formar largas cadenas e intrincadas mallas inorgánicas donde se colocan los elementos modificadores que pueden ser: 1. Fundientes (Na, K); 2. Estabilizantes (Ca, Mg, Ba); 3. Adyuvantes (óxidos de Cr, Co, Fe).

Las propiedades del vidrio son:

1. Parece un sólido pero es un líquido de alta viscosidad.
2. Es transparente pero puede pigmentarse (Ver Tabla 14.7).

3. Su resistencia depende del tratamiento térmico empleado en su fabricación, y de la forma y grosor del envase.
4. Se fractura con choques térmicos excepto en vidrios de baja expansión o borosilicatados como el Pyrex.
5. Puede soportar presiones de hasta 100 kg.cm⁻² pero tiene poca resistencia a los impactos mecánicos.
6. La formulación del vidrio es muy versátil y su maleabilidad permite fabricar envases de varios tamaños, desde garrafas hasta ampollas (Ver Tabla 14.7).
7. Es altamente reutilizable y reciclable.
8. Su conductividad térmica es unas 30 veces inferior a la del hierro.
9. Es inerte e impermeable a olores y sabores de los alimentos.
10. No puede perforarse con estructuras punzantes.
11. Garantiza un volumen constante porque es indeformable y rígido.
12. Permite larga vida en el estante porque no se deteriora con el tiempo.
13. El proceso de fabricación del vidrio es por soplado.

Tabla 14.7
Pigmentación del vidrio

Color obtenido	Pigmento utilizado
Rojo	óxido cúprico y sulfato de amonio
Amarillo	óxido férrico y óxido de antimonio
Verde amarillento	óxido de cromo
Azul	óxido de cobalto
Violeta	manganeso
Negro	óxido de hierro
Ópalo	fluoruro de calcio
Ámbar	compuestos sulfatados

Los envases de vidrio pueden ser de primera elaboración, o de segunda elaboración, como se indica en los ejemplos de la Tabla 14.8.

Tabla 14.8
Clasificación de envases de vidrio

TIPO DE ENVASE	CAPACIDAD
De primera elaboración	
Botellones	Entre 1,5 y 20 L
Botellas o garrafas	Entre 100 y 1500 mL
Frascos	Entre pocos mL y 100 mL
Tarros	Hasta 1000 mL con diámetro del cuerpo igual al de la boca
Vasos	Entre 20 y 500 mL con forma truncada invertida
De segunda elaboración	
Ampolletas	Entre 1 y 50 mL para humanos y hasta 200 mL para uso veterinario.
Frascos y frasco-ampollas	Entre 1 y 100 mL para productos sólidos

14.8 Envases alimentarios y medio ambiente

Este tema es muy importante porque el exceso de empaques utilizados en la industria de los alimentos y su disposición inadecuada luego de su uso, puede alterar la protección ambiental.

Requisitos para el reciclaje de plástico:

1. La fuente del material reciclado debe ser conocida.
2. Deben realizarse pruebas periódicas para detectar contaminantes.
3. Es imperativo el uso de recubrimientos con materiales de barreras vírgenes.

Ejercicios

E 14.1 Elabore una lista de empaques de alimentos consumidos hoy.

E 14.2 Visite una empresa de empaques para conocer sus materiales.

Referencias

- Bello Gutiérrez J (2000) *Ciencia Bromatológica. Principios Generales de los Alimentos*. Ediciones Días de Santos SA; Madrid, España; 577 pp.
- Casp A, Abril J (1999) *Procesos de Conservación de Alimentos*. A Madrid Vicente Ediciones & Ediciones Mundi-Prensa; Madrid, España; 494 pp.
- Corzo O (1993) *Preservación de Alimentos por Reducción de Actividad de Agua*. Universidad de Oriente; Boca de Río, Venezuela; 139 pp.
- Cheftel JC, Cheftel H, Bessançon P (1976) *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos*. Volumen II. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 404 pp.
- Marsh KS (2001) *Looking at Packaging in a New Way to Reduce Food Losses*. Food Technology 55(2):48-52.
- Vit P (2002) *Apuntes de Tecnología de Alimentos*. Ed. Fac. Farmacia ULA; Mérida, Venezuela; 214 pp.

III PARTE - PRINCIPALES GRUPOS DE ALIMENTOS

Capítulo 15

LECHE Y DERIVADOS LÁCTEOS

Capítulo 16

FRUTAS Y HORTALIZAS

Capítulo 17

CEREALES Y DERIVADOS

Capítulo 18

CARNES Y DERIVADOS

Capítulo 15

Leche y derivados lácteos

Patricia Vit /Fanny Quintero /Bertha Santiago

La leche es la secreción materna de las glándulas mamarias de los mamíferos, para alimentar a la cría. Se considera leche el producto sin calostro procedente del ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido de las vacas, obtenida después de las primeras 48 horas de emisión del calostro. La homogenización de la leche consiste en disminuir el tamaño de los glóbulos grasos. La estandarización de la leche consiste en regular el tenor de grasa, separando la crema de la leche.

La leche y los derivados lácteos son un grupo de gran importancia en la industria de alimentos. En este capítulo se presentan las definiciones de leche, queso, crema y mantequilla, junto con su composición, clasificación, elaboración, normas y alteraciones.

Finalmente se sugieren dos ejercicios sobre deterioro de la mantequilla y estandarización de la leche y se llama la atención sobre dos controversias debatibles en referencia a las adulteraciones de leche por aguado, y conservación del queso.

Ahora pienso que la relación entre
los productos lácteos y el cáncer de mama,
es similar a la relación entre el fumar y el cáncer de pulmón.
No es que la leche de vaca sea un alimento malo.
Es un gran alimento, pero para terneros.
Decidí eliminar todos los productos lácteos (incluido los de cabra y
oveja) de mi dieta. Seis semanas después, mi tumor había desaparecido.

Jane Plant
Life in your Hands
<http://colombia.indymedia.org/news/2006/11/52155.php>

Contenido

- 15.1 Introducción
- 15.2 Leche
 - 15.2.1 Definición
 - 15.2.2 Composición
 - 15.2.3 Clasificación
 - 15.2.4 Elaboración de la leche pasteurizada
 - 15.2.5 Normas
 - 15.2.6 Alteraciones de la leche pasteurizada
- 15.3 Queso
 - 15.3.1 Definición
 - 15.3.2 Composición
 - 15.3.3 Clasificación
 - 15.3.4 Elaboración del queso
 - 15.3.5 Normas
 - 15.3.6 Alteraciones del queso
- 15.4 Crema
 - 15.4.1 Definición
 - 15.4.2 Composición
 - 15.4.3 Clasificación
 - 15.4.4 Elaboración de la crema
 - 15.4.5 Normas
 - 15.4.6 Alteraciones de la crema
- 15.5 Mantequilla
 - 15.5.1 Definición
 - 15.5.2 Composición
 - 15.5.3 Clasificación
 - 15.5.4 Elaboración de la mantequilla
 - 15.5.5 Normas
 - 15.5.6 Alteraciones de la mantequilla

Leche y derivados lácteos

15.1 Introducción

La leche es un alimento completo para la alimentación humana y de ella se obtienen los derivados lácteos que confieren una notable diversidad a la dieta.

15.2 Leche

15.2.1 Definición

La leche es la secreción materna de las glándulas mamarias de los mamíferos, para alimentar a la cría. Se considera leche al producto sin calostro procedente del ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido de las vacas, obtenida después de las primeras 48 horas de emisión del calostro.

15.2.2 Composición

Cada 100 g de leche contienen aproximadamente 90-91 g agua, 3,5-4,5 g grasa, 5 g lactosa, 3,5 g sustancias nitrogenadas y 1 g sales minerales. El

componente graso de la leche está formado mayormente (99%) por lípidos simples como glicéridos y estéridos, y el resto de lípidos complejos como lecitinas y cefalinas (carotenoides, tocoferoles, esteroles). Las sustancias nitrogenadas son mayormente proteicas (95%) y están representadas por la caseína y las seroproteínas.

A continuación se indican los tipos de caseínas presentes en la leche:

α -caseína (55%) forma sales cálcicas insolubles.

β -caseína (25%) su solubilidad es inversamente proporcional a la concentración de calcio y a la temperatura.

κ -caseína (15%) impide que la α - y β -caseína precipiten, se disocia en dos complejos con el cuajo o con los cultivos iniciadores.

γ -caseína (5%) es parte de β -caseína degradada por proteasas lácteas.

15.2.3 Clasificación

Existen diversas clasificaciones: Leches higienizadas, certificadas, especiales (concentrada, desnatada, acidificada, enriquecida, estimulante), conservadas (líquida, evaporada, condensada, en polvo), valor nutritivo (entera, desnatada).

15.2.4 Elaboración de leche pasteurizada

La leche pasteurizada se obtiene por tratamiento térmico, pero antes de su procesamiento por altas temperaturas, se homogeniza y estandariza. La homogenización de la leche consiste en disminuir el tamaño de los glóbulos grasos. La estandarización de la leche consiste en regular el tenor de grasa, separando la crema de la leche. Para ello se realiza el cálculo teórico con el cuadrado de Pearson. En la Fig. 15.1 se ejemplifica un ejercicio para ajustar el porcentaje de grasa de 10000 kg de leche de 3 g grasa /100 g leche hasta 5 g grasa/100 g leche, utilizando crema al 45 % p/p.

1. En diagonal, se resta $45 - 5 = 40$. Se coloca en el extremo inferior derecho.
 2. En diagonal se resta $5 - 3 = 2$. Se coloca en el extremo superior derecho.
 3. Se realiza una regla de tres 40 es a 2, entonces a 10000 kg de leche se le deberán añadir 500 kg de crema.

Comprobación de resultados.

- Se prueba con otra regla de tres para calcular cuánta grasa hay en 10000 kg de leche al 3%. 100 kg de leche contienen 3 kg de grasa, entonces 10000 kg de leche contienen 300 kg de grasa.
- Una segunda regla de tres para calcular la cantidad de grasa añadida con los 500 kg de crema. 100 kg de crema contienen 45 kg de grasa, entonces 500 kg de crema contienen 225 kg de grasa.
- Se suma la grasa de la leche y la grasa de la crema añadida, de lo cual resulta $300 + 225 = 525$ kg de grasa, en 10000 kg de leche + 500 kg de crema.
- Se divide $525 \text{ kg crema} / 10500 \text{ kg leche}$ y se obtiene $0,05 = 5\%$.
- Se realiza una regla de tres, 40 es a 2, entonces 10000 es 500 kg de crema.

Figura 15.1 Estandarización de leche con crema

15.2.5 Normas

Las normas COVENIN para leche fluída incluyen: Determinación de caseína (1910-82), grasa por los métodos de Babcock (503-82), Gerber (1053-82) y Roesse Gottlieb (931:1997), densidad relativa (367-82), punto crioscópico (940-82), leche pasteurizada (798:1994), tiempo de reducción del azul de metileno (939-76), actividad fosfatásica (573-79), cenizas (368:1997), cloruros (369-82), esteroles (1911-82), humedad (1077:1997), acidez titulable (658:1997), proteínas (370:1997), sólidos totales (932:1997), azúcares reductores y no reductores (1013-82).

15.2.6 Alteraciones de la leche pasteurizada

La leche pasteurizada puede presentar sustancias extrañas (materiales de limpieza, sabores metálicos, residuos veterinarios como los antibióticos, residuos de alimento contaminado para el ganado como plaguicidas y micotoxinas o puede sufrir modificaciones de sus componentes (acidificación, coagulación, proteólisis, enranciamiento) y de sus características sensoriales (color, aumento de viscosidad, sabor amargo causado por la levadura del género *Torula*). Además, pueden ocurrir falsificaciones de la leche como el aguado, el descremado, la adición de conservantes no autorizados, e inclusive el uso de leche de otras especies.

15.3 Queso

15.3.1 Definición

El queso es un gel obtenido por la precipitación de la caseína de la leche con ácido, enzimas o microorganismos.

15.3.2 Composición

La composición del queso es muy variable dependiendo del tipo de queso. Hay quesos duros y blandos, frescos y madurados.

15.3.3 Clasificación

Existen más de 1000 variedades de queso que se pueden agrupar en 18 tipos según su tecnología de producción, en base a: 1. Tipo de leche (búfala, cabra, oveja, vaca, etc.); 2. Tratamiento térmico de la leche (cruda, pasteurizada, esterilizada); 3. Concentración de grasa (magro, semimagro); 4. Tipo de iniciadores y enzimas utilizadas; 5. Velocidad e intensidad de la acidez alcanzada; 6. Uso y concentración de la renina; 7. Forma y grado de deshidratación de la cuajada; 8. Cantidad y forma de adición de sal; 9. Forma y tamaño del queso; 10. Condiciones de

maduración (humedad, temperatura, tiempo); 11. Perforaciones del queso; 12. Tratamiento de la superficie (ahumado, encerado, mohos); 13. Adición de enzimas o microorganismos para la maduración. Una clasificación importante se basa en su contenido de grasa, expresado como porcentaje en materia seca: 1. Doble graso (> 60%); 2. Extra graso (45-60%); 3. Graso (40-45%); 4. Semigraso (25-40%); 5. Magro (>25%).

15.3.4 Elaboración del queso

Ver la Fig. 15.2, donde se explica un diagrama de flujo utilizado para obtener queso fresco.

15.3.5 Normas

Las normas COVENIN para el control de calidad del queso incluyen la norma general de quesos (1813:2000), otra para determinación de grasa (1814-81) y una serie de normas según el tipo de queso: amarillo (1538:1992), Brie (2859:1992), Danbo (2854:2002), Edam (2852:1992), fundido (3559:2000), Fynbo (2853:2001), Gouda (2851:1992), Munster (2847:1992), Parmesano (2848:2001) y Provolone (2849:1992). Esto debido a que la gran variedad de quesos existentes requiere de normas específicas para cada tipo de queso

15.3.6 Alteraciones del queso

Los quesos se alteran por diferentes motivos durante su almacenamiento. Pueden sufrir deshidratación, enranciamiento, deterioro microbiano, alteraciones organolépticas de color, sabor y olor.

15.4 Crema

15.4.1 Definición

Es un producto rico en grasa separado de la leche en reposo o por centrifugación, con un porcentaje de grasa no menor del 18% y una acidez no mayor del 0.2%. Desde un punto de vista físicoquímico, la crema es una emulsión tipo grasa en agua, cuya viscosidad depende de su contenido de grasa y de los tratamientos industriales a los cuales se somete.

15.4.2 Composición

La crema de leche debe contener por lo menos 40% de grasa láctea y se permite una acidez máxima de 0.20% de ácido láctico.

15.4.3 Clasificación

Según su contenido de grasa, las cremas se clasifican en: 1. Delgada (18-35 g grasa/100 g crema). 2. Corriente (36-50 g grasa/100 g crema). 3. Plástica (65-68 g grasa/100 g crema).

15.4.4 Elaboración de la crema

En la actualidad es difícil encontrar leches pasteurizadas completas en el mercado, porque se obtiene la crema a fin de aumentar las ganancias con la venta de leche descremada y semidescremada. La crema puede separarse de la leche permitiendo que flote sobre la leche en reposo, debido a su menor densidad, o por centrifugación.

15.4.5 Normas

La norma COVENIN 677:2000 trata sobre la calidad de la crema de leche para uso industrial.

15.4.6 Alteraciones de la crema

Entre los defectos de la crema puede mencionarse los siguientes: 1. Formación de suero por falta de homogeneización; 2. Formación de grumos por acidez excesiva; 3. Formación de gotas de aceite, por diversas razones como calentamiento excesivo de la leche al desnatar, enfriamiento incompleto de la crema y pasteurización a temperaturas mayores de 65°C. 3. Rancidez hidrolítica y oxidativa.

15.5 Mantequilla

15.5.1 Definición

Es el producto graso obtenido exclusivamente de la leche, crema de leche, crema de suero, aceite de mantequilla y leche descremada o sus mezclas por un proceso mecánico sometiénola a un proceso de hidrogenación con la adición de sal y colorantes de uso permitido; es una emulsión de agua en aceite y según la norma debe contener mínimo 80% de grasa y no más del 16% de agua.

15.5.2 Composición

Grasa	80 g/100 g
Agua	16 g/100 g
Extracto seco	2 g/100 g
Aditivos	
β-Carotenos	25 mg/kg
Carotenos	600 mg/kg
β-Carotenol	35 mg/kg
Éster metílico del ácido β-apo-8'-carotenoico	35 mg/kg
Fosfato de sodio	2 g/kg

15.5.3 Clasificación

Además de la mantequilla original, se ha formulado la mantequilla ligera. Ésta es la mantequilla original con un porcentaje menor de grasa que se logra sustituyendo parte de la mantequilla por agua y para que la emulsión sea estable se emplean aditivos que sustituyen a las funciones de las grasas eliminadas, entre ellos tenemos: emulsionantes, estabilizantes y conservantes, obteniéndose un 40% de grasa, la mitad de la convencional.

15.5.4 Elaboración de la mantequilla

Leche cruda	Recepción.
↓ pasteurización	LTLT, 65°C por 30 min.
↓ enfriamiento	Reducción de temperatura hasta 37 °C.
↓ adición de cuajo	
↓ cortado de la cuajada	Inicia la coagulación de la caseína.
↓ salado	El queso termina de expulsar suero por goteo y mantiene la forma del molde donde se prensó.
↓ desmoldado	
↓ empaque	El queso se empaca en bolsas plásticas para conservar su humedad y evitar contaminación secundaria durante su transporte.
↓ Almacenamiento	El queso fresco requiere almacenamiento en frío durante su transporte y en sus puntos de venta.

Figura 15.2 Obtención de mantequilla

15.5.5 Normas

En la Tabla 15.1 se presentan los requisitos fisicoquímicos, y en la Tabla 15.2 los requisitos microbiológicos, sugeridos para la mantequilla por la normas COVENIN 120:1994.

Tabla 15.1
Requisitos fisicoquímicos de la manteca

TABLA 1 REQUISITOS FÍSICOS Y QUÍMICOS				
CARACTERÍSTICA	UNIDAD	LÍMITE		MÉTODO DE ENSAYO
		MIN.	MAX.	
Grasa	% (m/m)	80	-	COVENIN 931
Humedad	% (m/m)	-	16	COVENIN 1945
Cloruros (expresados como NaCl) Mantequilla con sal Mantequilla semisalada Mantequilla sin sal	% (m/m)	> 2 1	3.5 2 < 1	COVENIN 369
Grado de acidez de la grasa (expresado como ácido láctico)	% (m/m)	-	2	COVENIN 325
Fosfatasa	mg/ml equivalentes de fenol	-	1	COVENIN 573
Caseína	% (m/m)	-	2	
Índice de refracción a 40°C	-	1,4528	1,4558	COVENIN 702
Índice de Iodo	(cg I/g de grasa)	26	40	COVENIN 324
Índice de saponificación	mg KOH/g	220	232	COVENIN 323
Esteroles	-	No detectable		COVENIN 1911
Índice de oxidabilidad	-	-	0,15	
Cenizas Mantequilla con sal Mantequilla sin sal	% (m/v)	- - -	4 1,5	COVENIN 368

Tabla 15.2
Requisitos microbiológicos de la manteca

TABLA 2 REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS					
CARACTERÍSTICA	n	c	LÍMITE		MÉTODO DE ENSAYO
			m	M	
Aerobios mesófilos (ufe7g), (1), (2)					COVENIN 902
envases herméticos	5	2	5x10 ³	5x10 ⁴	
envases no herméticos	5	2	1x10 ⁴	1x10 ⁵	
Coliformes (NMP/g), (3)	5	2	11	93	COVENIN 1104
<i>Staphylococcus aureus</i> (ufe/g)	5	1	1,0x10 ²	1,0x10 ³	COVENIN 1292
Mohos (ufe/g), (1)					
envases herméticos	5	3	10,0	1,0x10 ²	COVENIN 1337
envases no herméticos	5	2	1,0x10 ²	1,0x10 ³	
Levaduras, (ufe/g), (1)					
envases herméticos	5	3	10,0	1,0x10 ²	COVENIN 1337
envases no herméticos	5	2	1,0x10 ²	1,0x10 ³	

Donde:

n= Número de muestras del lote
c= Número de muestras defectuosas
m= Límite mínimo
M= Límite máximo

- (1) Los requisitos para estas características tienen carácter de recomendación.
- (2) No se exige este requisito para las mantecas maduras.
- (3) Significa ningún tubo positivo según la técnica del número más probable (serie de tres tubos).

15.5.6 Alteraciones

La mantequilla puede sufrir alteraciones de aroma, color, sabor y textura.

Las alteraciones de sabor y aroma puede ocurrir debido a: 1. Absorción de sabores y olores objetables; 2. Fermentación bacteriana; 3. Acción enzimática y autoxidación causantes de la rancidez; 4. Sabor metálico por contacto con contenedores inadecuados; 5. Sabor a pescado ocasionado por la presencia de trimetilamina, derivada de la transformación de la lecitina en colina.

La textura de la mantequilla puede presentar los siguientes defectos: 1. Textura de goteo causada por batido insuficiente, lo cual causa presencia de gotas de agua en el cuerpo de la mantequilla; 2. Textura muy blanda, ocasionada por batido excesivo.

En cuanto al color, la mantequilla puede presentar una apariencia moteada o marmoleada, causada por un mezclado inadecuado de la sal.

Ejercicios

E 15.1 Contrastar el deterioro de mantequilla conservada en nevera y a temperatura ambiente.

E 15.2 Ajustar el porcentaje de grasa de 100 kg de leche con 5 g grasa/100 g leche hasta 3 g grasa/100 g leche, utilizando crema con 45 g grasa/100 g.

Controversias en Debate (CED)

CED 15.1 Las adulteraciones del queso permiten conservarlo mejor.

CED 15.2 El aguado de la leche permite obtener un producto light.

Referencias

- Astiasarán I, Martínez JA (2000) *Alimentos, Composición y Propiedades*. Mc Graw Hill Interamericana; Madrid, España; 364 pp.
- Belitz HD, Grosch W (1985) *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia S.A.; Zaragoza, España; 813 pp.
- Fennema OR (1982) *Química de los alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 1095 pp.
- Instituto Nacional de Nutrición (2001) *Tabla de Composición de Alimentos para Uso Práctico*. Publicación No. 54. Serie Cuadernos Azules; Caracas, Venezuela; 97pp.

Capítulo 16

Frutas y hortalizas

Patricia Vit

Las frutas y las hortalizas son un grupo de gran importancia en la industria de alimentos. En este capítulo se presentan los conceptos de: definición de frutas y hortalizas, estructura (frutos carnosos: agregado, baya, drupa, hesperidio, infrutescencia, pomo; frutos secos: aquenio, cariopse, legumbre), composición química, fisiología vegetal (turgencia, cambios en los constituyentes de las paredes celulares, transformaciones almidón-azúcar, metabolismo de los ácidos orgánicos), bioquímica de la postcosecha (frutas climatéricas, frutas no climatéricas), respuestas fisiológicas ante condiciones adversas (heridas, exposición a temperaturas adversas, dióxido de carbono, privación de oxígeno, déficit de vapor de agua, radiaciones ionizantes, contaminación atmosférica), métodos de conservación de frutas y hortalizas (cocción, congelación, deshidratación, fermentación, irradiación, nuevas tecnologías), productos derivados de frutas (desechadas, en almíbar, congeladas, confitadas, en licor, pulpas, mermeladas y jaleas, dulces, cremogenados, néctares, concentrados y en polvo), productos derivados de hortalizas (secas, enlatadas, congeladas, fermentadas, en vinagre, saladas, jugos, pulpa, en polvo), normas de control de calidad de frutas y hortalizas, y un diagrama de flujo utilizado para la elaboración de néctar de guayaba.

Finalmente se sugieren dos ejercicios vinculados con la maduración de las frutas y la comparación del contenido de vitaminas y minerales en frutas y hortalizas. Se llama la atención sobre dos controversias debatibles en referencia al momento más adecuado para consumir las frutas (¿antes o después de las comidas?) y la forma de preparación más adecuada para consumir las hortalizas (¿crudas, al vapor, horneadas, fermentadas, congeladas, fritas, deshidratadas, otras?). *La incorporación regular a la dieta de frutas*

*como la papaya y la naranja
ayudan a evitar el cáncer de pulmón.*

Singapore Chinese Health Study

Contenido

- 16.1 Definición de frutas
- 16.2 Definición de hortalizas
- 16.3 Estructura de frutas y de hortalizas
- 16.4 Composición química
- 16.5 Fisiología vegetal
- 16.6 Bioquímica de la postcosecha
- 16.7 Respuestas fisiológicas ante condiciones adversas
- 16.8 Pigmentos, esencias y compuestos fenólicos
- 16.9 Métodos de conservación de frutas y hortalizas
- 16.10 Productos derivados de frutas
- 16.11 Productos derivados de hortalizas
- 16.12 Normas de control de calidad de frutas
- 16.13 Elaboración de néctar de guayaba

Frutas y hortalizas

16.1 Definición de frutas

Las frutas son los ovarios maduros de las plantas. Generalmente la parte comestible es el pericarpio, el cual suele ser carnoso, ácido y azucarado. Las frutas se clasifican según su estructura botánica (drupa, baya, hesperidio, pomo, etc.), según su composición química (frutas cítricas), según regiones (frutas tropicales), según las estaciones de cosecha (frutas de verano o de invierno), según su precio (frutas convenientes o prohibitivas porque son muy costosas), según su origen local o exótico. Además, algunas frutas tienen la posibilidad de ser consumidas verdes o maduras, según su preferencia cultural. Por ejemplo, el mango verde se come con sal o se usa para preparar jalea, y el mango maduro se consume con concha o pelado, entero o en batidos.

Diversos tipos de plantas (árboles, arbustos, rastreras, trepadoras) producen frutas que pueden ser consumidas por animales silvestres o ser cosechadas por el hombre. Si bien todos los ovarios fecundados y maduros de las plantas son frutos, en nutrición se hace una distinción entre un grupo de frutos que se utilizan en comidas saladas, o producidas por plantas diferentes a árboles. Por ejemplo, el tomate, la berenjena, las vainitas son frutos pero forman parte de las hortalizas, las cuales, como se verá más adelante, pueden ser flores, frutos, hojas, raíces, semillas y tallos. Además de consumirse frescas, en la Tabla 16.1

se presentan otros tipos de consumo de frutas y hortalizas conservadas por la industria de alimentos.

Tabla 16.1
Frutas y hortalizas utilizadas en la industria de alimentos

Nombre	Órgano botánico	Métodos de conservación	Tipos de consumo
Acelga	hoja	Congelación	contorno, sopa
Apio	tubérculo	Enlatado	fritura, sopa
Berenjena	fruto	Encurtidos	contorno
Coliflor	flor	Encurtidos	contorno
Champiñón	hongo	enlatado, secado	contorno
Durazno	fruta (drupa)	congelación, enlatado, secado	pulpa, mermelada
Guisantes	semillas	congelación, enlatado	contorno, sopa
Limón	Fruta (hesperidio)	congelación, concentración	jugo, mermelada
Manzana	fruta (pomo)	congelación, enlatado, secado	pulpa, mermelada
Mora	fruta (agregado)	congelación, concentración	pulpa, mermelada
Nori	alga	Secado	Sushi
Papas	tubérculo	Secado	fritura, sopa
Uva	fruta (baya)	fermentación, secado	pasas, vino
Yuca	raíz	Congelación	fritura, sopas
Zanahoria	raíz	enlatado, secado	contorno, sopas

16.2 Definición de hortalizas

Botánicamente, muchas hortalizas pueden considerarse frutos porque almacenan semillas, tal es el caso de los tomates, pepinos, berenjenas, pimentones, etc. Se consideran hortalizas todas aquellas partes de las plantas que sean comestibles, excepto los frutos de árboles y arbustos frutales. Por este motivo, el palmito es una hortaliza. Una clasificación botánica permitiría distinguir hortalizas del tipo algas, flores, hojas, hongos, raíces, semillas, tallos y tubérculos.

En la Tabla de Composición de Alimentos del Instituto Nacional de Nutrición (2001), las hortalizas se separan en dos grupos: 1. Tubérculos y raíces; 2. Legumbres. Puede observarse que el aguacate se considera una legumbre, aunque es el fruto de un árbol frutal, quizás por la costumbre venezolana de consumirlo en ensaladas, en contraposición de los batidos endulzados que se preparan en Brasil.

En todo caso, la denominación hortaliza o legumbre es muy amplia y corrige la traducción inadecuada de “vegetales” por el correcto inglés vegetables, ya que en castellano también las frutas son vegetales.

Para ser precisos, la vaina de las vainitas y de los guisantes se considera una hortaliza, pero la vaina del guamo es una fruta porque proviene de un árbol frutal.

16.3 Estructura de frutas y de hortalizas

Las frutas tienen diferentes formas como se ilustra en la Figura 16.1, donde puede observarse una clasificación en frutos carnosos y frutos secos.

Los frutos carnosos a su vez pueden ser:

1. Agregado (frambuesa, fresa, mora).
2. Bayas (berenjena, tomate, guayaba).
3. Drupa (ciruela, durazno, melocotón).
4. Hesperidio (limón, mandarina, naranja).
5. Infrutescencia (higo).
6. Pomo (manzana, pera).

Los frutos secos pueden ser:

1. Aquenios (semilla de girasol).
2. Cariopside (avena, cebada, maíz, trigo).
3. Legumbre (caraota, guisante, soya, vainita).

Frutos carnosos ²		
		
agregado		baya
		
drupa		hesperidio
		
infrutescencia		pomo
Frutos secos		
		
aquenio	cariopse	legumbre

Figura 16.1 Tipos de frutos

Fuente: 1<http://www.chlorischile.cl/cursosonline/morfologia>

2 <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema24>

16.4 Composición química

Las frutas y las hortalizas varían su composición química dependiendo de su madurez y envejecimiento postcosecha. Al igual que los demás grupos de alimentos, su composición depende de la variedad, la especie y la familia botánica a la cual pertenecen. Inclusive la práctica de cultivo y el tipo de suelo pueden cambiar su composición química.

En general, las frutas tienen un elevado contenido de humedad (70-90 g agua/100 g fruta), pocas proteínas (<1-3.5 g proteína/100 g fruta), pocos lípidos (0.1-1.0 g lípidos/100 g fruta) aunque las nueces y el maní son excepciones con 65 y 45 % de lípidos respectivamente. Las frutas contienen

carbohidratos digeribles como el azúcar y el almidón, pero también pueden contener celulosa no digerible. Las vitaminas, los minerales, las enzimas, los polifenoles y los ácidos orgánicos son componentes minoritarios de las frutas, pero muy importantes para la nutrición.

En la Tabla de Composición de Alimentos del Instituto Nacional de Higiene (2001) se indica la composición de 62 frutas y de 41 legumbres, llamadas hortalizas en este capítulo, donde se incluye el palmito. Para algunas frutas como el plátano, se presenta la composición del fruto verde, pintón y maduro, y de algunas formas usuales de consumo, como el plátano asado, horneado, y sancochado, la harina de plátano y la sopa de plátano.

16.5 Fisiología vegetal

Para entender la fisiología vegetal, es necesario explicar brevemente la estructura de la célula vegetal, la cual al igual que las células animales, posee una membrana, pero a diferencia de las células animales, posee una pared celular. En la Figura 16.2 se ilustra la estructura interactiva de una célula vegetal.

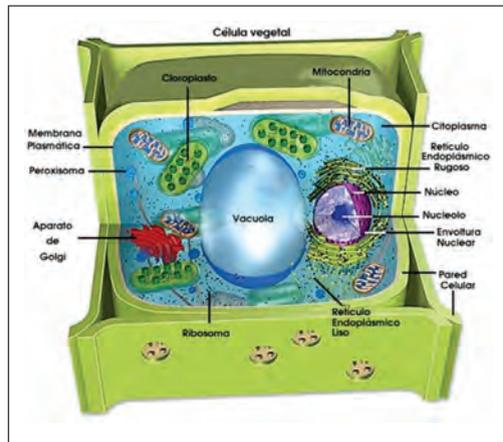


Figura 16.2 Estructura de una célula vegetal

Fuente: <http://linux.ajusco.upn.mx/fotosintesis/foto.html#celula>

En la planta viva, el agua absorbida por las raíces pasa por las paredes y membranas de las células al citoplasma del protoplasto y a las vacuolas, para establecer equilibrio osmótico en el interior de las células, y las obliga a expandirse ligeramente según sus propiedades de elasticidad, lo cual confiere el estado de turgencia que mantiene la textura crujiente de los vegetales.

Además de las reacciones fisiológicas primarias, se conoce un grupo de reacciones fisiológicas auxiliares, causadas por la naturaleza dinámica de los constituyentes químicos de los tejidos de plantas comestibles:

1. Cambios en los constituyentes de las paredes celulares: Durante la maduración de las frutas se produce un ablandamiento de los tejidos, debido al catabolismo de los polisacáridos, donde participan las enzimas pectinesterasa, poligalacturonasa, celulasa, hemicelulasa. Sin embargo, en los espárragos y en las leguminosas, los tejidos vegetales se endurecen porque se sintetizan materiales de la pared celular.
2. Transformaciones almidón-azúcar: La síntesis del almidón es indicador de maduración en los vegetales amiláceos como la papa, mientras que su desdoblamiento en glucosa indica la maduración de mangos, plátanos, etc.
3. Metabolismo de los ácidos orgánicos: Las frutas tienen un ácido orgánico predominante, Los ácidos orgánicos controlan la senescencia de los frutos, y además contribuyen al sabor, color y textura de frutas y hortalizas.

16.6 Bioquímica de la postcosecha

La postcosecha es el período posterior a la cosecha de frutas y hortalizas. En el Capítulo 8, se indicó que a diferencia de la respiración detenida en los animales beneficiados, los vegetales continúan respirando aún después de la cosecha. La respiración genera calor y por lo tanto debe ser considerada en el cálculo de cargas térmicas de refrigeración de frutas y hortalizas.

Existe una importante relación entre la velocidad de respiración y la duración de la conservación de los tejidos vegetales. Mientras mayor sea el consumo de O_2 y la producción de CO_2 , más perecedero

es el tejido. Las frutas se clasifican en dos grupos, según su tipo de respiración:

1. Frutas climatéricas: De maduración rápida, por aumento de la respiración.
2. Frutas no climatéricas: De maduración gradual, con respiración constante.

Los métodos de conservación utilizados para disminuir la tasa respiratoria son las bajas temperaturas y las atmósferas controladas.

16.7 Respuestas fisiológicas ante condiciones adversas

1. Heridas: Las fracturas mecánicas de las frutas y las hortalizas, causan por general una respuesta localizada inmediata, con el aumento de la respiración y la división celular. Se pueden formar tejidos protectores especializados para impedir la desecación y evitar la invasión de los microorganismos.

2. Exposición por temperaturas adversas: Las temperaturas de congelación permiten extender la vida útil de frutas y vegetales, pero en algunas condiciones pueden causar necrosis y quemaduras de los tejidos debidas al frío. Se pierde la turgencia y ocurre oscurecimiento de la porción afectada o inclusive de toda la fruta.

3. Dióxido de carbono: La tolerancia de los distintos tejidos al CO_2 es variable. En las manzanas pueden observarse el corazón negro cuando se acumulan concentraciones tóxicas de ácido succínico, ocasionadas por aumentos del CO_2 .

4. Privación del oxígeno: Ocasiona necrosis a consecuencia de las derivaciones metabólicas de la respiración anaerobia, que permiten la acumulación de etanol y otros productos finales tóxicos de la respiración.

5. Déficit de vapor de agua: La pérdida de agua ocasiona la disminución de turgencia y de volumen, formándose arrugas superficiales y sensación de esponjado debido a la menor resistencia al tacto.

6. Radiaciones ionizantes: Este tratamiento permite controlar el crecimiento de tallos como las yemas que se forman en las papas.

7. Contaminación atmosférica: Hay numerosos tipos de agentes contaminantes en la atmósfera, algunos pueden causar necrosis de los tejidos, otros se depositan sobre las superficies de frutas y hortalizas, con lo cual aumentan el contenido de residuos.

16.8 Pigmentos, esencias y compuestos fenólicos

Los vistosos colores de frutas y hortalizas son conferidos por pigmentos y precursores del color que se almacenan en los plastos celulares, o se encuentran disueltos en gotas de grasa o de agua de las vacuolas en el protoplasma celular. Estos pigmentos son liposolubles y pueden clasificarse en:

1. Clorofilas: Confieren el color verde al perejil, espinacas, lechugas.
2. Carotenoides: Confieren el color anaranjado a cítricos y zanahorias.
3. Xantofilas: Confieren el color amarillo a auyamas, duraznos, maíz.
4. Licopenos: Confieren el color rojo a patillas y tomates.
5. Flavonoides: Los flavonoides también pueden ser hidrosolubles si contienen sustituyentes azúcares (Ver Figura 16.3). Las antocianinas confieren colores morados, azules y rojos a uvas, moras y berenjenas. Las antoxantinas confieren el color amarillo de ajo, coliflor, manzanas y papas. Las catequinas y los leucoantocianos son sustancias incoloras y tánicas.

Las esencias confieren los variados y atractivos aromas de frutas y hortalizas; éstas son mezclas complejas de compuestos terpénicos (monoterpenos $C_{10}H_{16}$, sesquiterpenos $C_{15}H_{24}$ y diterpenos $C_{20}H_{32}$, como el limoneno, borneol, α -pineno, β -pineno, 1,8-cineol, timol, β -cariofileno, germacreno-D, δ -cadineno) y derivados del fenilpropano (anetol, eugenol, cinamaldehído). Su estructura química también se muestra en la Figura 16.3.

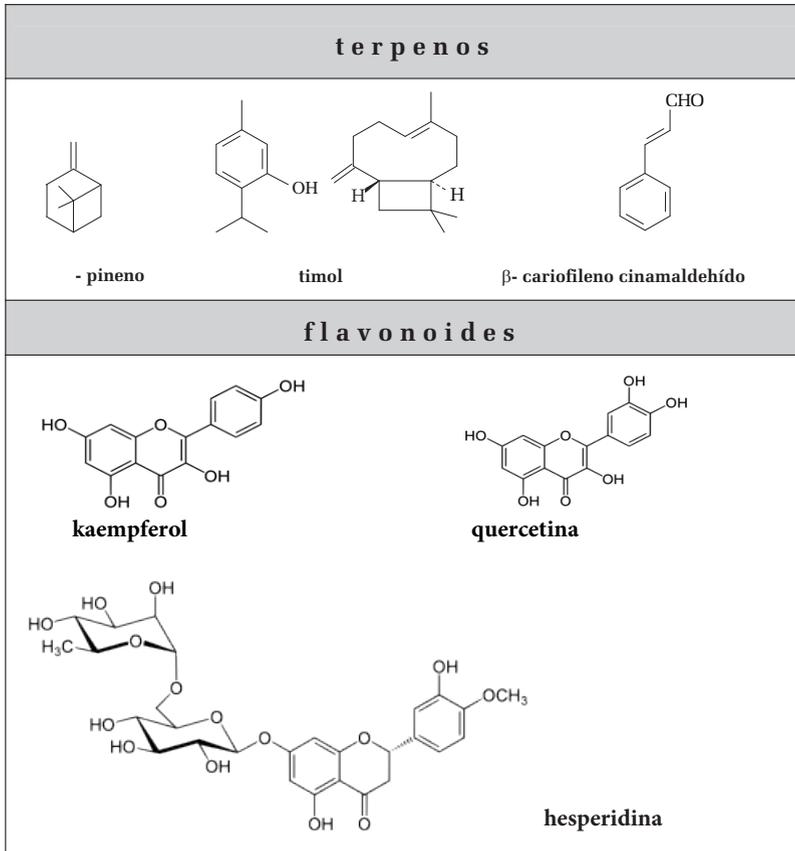


Figura 16.3 Terpenos y flavonoides presentes en frutas y hortalizas
 Monoterpenos (β -pineno, timol), sesquiterpenos (β -cariofileno) y serie del fenilpropano (cinamaldehído). Agliconas (kaempferol y quercetina) y glicósido (hesperidina).

16.9 Métodos de conservación de frutas y hortalizas

En los capítulos previos sobre los métodos utilizados para conservar los alimentos, se presentó la conservación basada en el empleo de las altas temperaturas (Capítulo 8), las bajas temperaturas (Capítulo 9), la disminución de A_w (Capítulo 10), la fermentación (Capítulo 11), el uso de los aditivos (Capítulo 12), los empaques

(Capítulo 14), la irradiación y las nuevas tecnologías (Capítulo 13), las cuales incluyen las altas presiones, los campos eléctricos pulsantes, los campos magnéticos oscilantes y los pulsos luminosos. Todos estos métodos de conservación se utilizan para extender la vida útil de frutas y hortalizas, y también para diversificar su forma de consumo en las dietas. Este grupo de alimentos es muy versátil porque si bien la mitad de las frutas y las hortalizas se consumen frescas, la otra mitad se consume en conservas, jugos, encurtidos, vinos, licores, compotas, hojuelas, orejones, mermeladas, mezcladas con otros grupos como los lácteos, los cereales, los huevos y los productos cárnicos.

Sin embargo, debido a la composición química de las frutas y de las hortalizas, es necesario preservar su actividad luego del procesamiento tecnológico, para mantener sus funciones nutricionales. La finalidad básica del tratamiento de alimentos es minimizar la actividad de los microorganismos y de las enzimas, sin deteriorar la calidad original. Entre los daños que deben evitarse durante el procesamiento de frutas y hortalizas, se pueden mencionar:

1. **Cocción:** Cambios de textura, aparición de sabores extraños, decoloración, pérdida de vitaminas termolábiles.
2. **Congelación:** Ablandamiento, pérdida de fluidos en la descongelación, oscurecimiento, quemado por el frío, endurecimiento de la piel, formación de texturas gomosas o pastosas.
3. **Deshidratación:** Pérdida de aroma, caramelización, pérdida de vitaminas termolábiles.
4. **Fermentación:** Aparición de aromas, sabores y texturas extrañas.
5. **Irradiación:** La irradiación efectiva para la acción bactericida no inactiva las enzimas, puede ocasionar alteraciones sensoriales.
6. **Nuevas tecnologías:** La pascalización de jugos de frutas da lugar a un producto con textura modificada, que conserva el sabor y el color de la fruta fresca.

16.10 Productos comerciales derivados de frutas

1. **Frutas desecadas:** La desecación de frutas es el método más antiguo para conservar frutas. Los cambures, las ciruelas y las uvas desecadas se conocen como pasas; mientras que las manzanas, los

melocotones y las peras desecadas en rebanadas se conocen como orejones. Otras frutas como los albaricoques, los dátiles y los higos suelen desecarse al sol para producir albaricoques, dátiles e higos secos. La desecación de frutas tiene rendimiento de 10-15% de la fruta fresca, y genera productos con un contenido de humedad de 15-24 g agua/100 g fruta desecada. Ya se indicó en el capítulo 10, el empleo de sulfitos para prevenir el pardeamiento enzimático y no enzimático en alimentos conservados por disminución de A_w , como es el caso de las frutas desecadas. Además de estabilizar el color, el tratamiento con compuestos azufrados también estabiliza el contenido de vitamina C, pero disminuye el contenido de vitamina B_1 .

2. Frutas en almíbar: La conservación de frutas en almíbar es el método de conservación más utilizado en la actualidad, especialmente para melocotones, peras, piña y ensalada de frutas. A diferencia de las frutas desecadas que se oscurecen y se arrugan durante el procesamiento, las frutas en almíbar mantienen su aroma, color y forma, por lo que se requiere una materia prima de frutas sin defectos. Las frutas en almíbar pueden prepararse en industrias o en cocinas, con huesos o sin huesos, con pedúnculos o sin pedúnculos, con pelado manual o con pelado químico. Además de elevadas concentraciones de sacarosa (30 - 40 %), el almíbar puede contener ácido ascórbico o ácido cítrico para conservar el color, y sales de calcio para conservar la textura.

3. Frutas congeladas: La vida útil de algunas frutas como el coco, los duraznos, las fresas, los mangos y la piña se puede extender por congelación. Para otras frutas como los cambures, la patilla y las uvas, la congelación no es una opción para su conservación porque su calidad se deteriora durante la descongelación. En Mérida las fresas se congelan en envases plásticos que contienen almíbar, lo cual permite la eliminación de oxígeno y previene oxidaciones indeseables. La fruta congelada se almacena entre -24°C y -18°C , y su vida útil puede ser de 2-4 años.

4. Frutas confitadas: Además del tratamiento con jarabes de sacarosa de concentración creciente, también se aplican jarabes de almidón a fin de aumentar la transparencia de las frutas confitadas, las cuales generalmente se procesan en trozos. En Venezuela se comercializan a granel la lechosa y la concha de naranja confitada. A la lechosa se le añaden colorantes para presentar mezclas de cubos amarillos, rojos y verdes; sin embargo, el sabor de la matriz no es

aromático y resulta una base insípida que se impregna de sabor dulce. Las frutas confitadas no se consumen como tales sino que se utilizan como materia prima de productos de pastelería y confitería.

5. Frutas en licor: Algunas frutas tradicionalmente se sumergen en licores con azúcar, para obtener dos nuevos productos, el licor afrutado y la fruta espirituosa. El ron, el brandy y la grappa suelen utilizarse en frutas tropicales como el posigué y en frutas estacionales como las cerezas y las peras.

6. Pulpa de fruta: La pulpa de las frutas frescas puede separarse de las semillas con una despulpadora que permite obtener un puré conocido como pulpa de frutas, la cual se conserva refrigerada o congelada. En Planta Piloto del Departamento Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis, la empresa D'Fruta produce pulpa de durazno, fresa, guanábana, guayaba, mango, mora, piña y tamarindo, sin azúcar añadido, a diferencia del resto de las marcas comerciales. Estas pulpas se utilizan para elaborar mermeladas y bebidas refrescantes.

7. Mermeladas y jaleas: Las mermeladas se elaboran mediante la cocción de frutas con sacarosa y pectinas. Es necesario controlar el pH para obtener el gel deseado para untar. Las mermeladas pueden contener trozos de frutas y la sacarosa puede sustituirse por fructosa en regímenes especiales. Las jaleas también se elaboran con frutas, sacarosa y pectinas, pero tienen consistencia de gel como la jalea de mango que se prepara con la fruta verde sin madurar.

8. Dulces de fruta: La cocción de frutas con azúcar, produce frutas endulzadas conocidas como dulces de fruta. En Venezuela, es popular el dulce de lechosa verde, al cual se pueden añadir limón y especias como los clavos de olor, la canela o la guayabita. También se preparan dulces de icaco, cabello de ángel, duraznos. Los dulces de guayaba y de parchita se preparan en forma de cascotes, sin las jugosas semillas que se usan para producir pulpa de frutas.

9. Cremogenados: Se conoce con este nombre al producto obtenido por la cocción de manzanas, peras o remolachas frescas, con o sin azúcar, separadas por presión hidráulica para extraer el jugo que luego se evapora en calderas hasta 35 g agua/100 g cremogenado, o menor humedad.

10. Néctares de frutas: Se obtienen por homogeneización de la pulpa, del jugo o de la fruta entera, con adición de azúcar, agua y ácidos

ascórbico y cítrico. También reciben el nombre de mostos dulces y contienen 25-50 g fruta/100 g néctar o mosto.

11. Concentrados de frutas: Los jugos de fruta pueden estabilizarse más aún mediante su concentración hasta un 25-40% de humedad, mediante evaporación, congelación o filtración por membranas semipermeables.

12. Frutas en polvo: Los jugos, los concentrados y las pulpas pueden deshidratarse por atomización o espumas congeladas hasta 3-4 g agua/100 g polvo, utilizando coadyuvantes de secado como glucosa, maltosa, jarabe de almidón.

16.11 Productos comerciales derivados de hortalizas

1. Hortalizas secas: La desecación permite eliminar agua para prevenir el deterioro y extender la vida útil, a su vez, disminuye el peso y el volumen, lo cual facilita su transporte.

2. Hortalizas enlatadas: Las conservas de fruta en salmueras se someten a tratamiento térmico en autoclaves. Esta forma comercial es la más utilizada para champiñones, espárragos, guisantes, maíz, ensaladas mixtas.

3. Hortalizas congeladas: La congelación de las hortalizas permite conservar su valor nutritivo, aunque es necesario usar métodos combinados que incluyen el escaldado para inactivar las enzimas, los empaques y baños de salmuera protectores. Los colores de las zanahorias y de los guisantes son más vivos en los productos congelados que en los enlatados.

4. Hortalizas fermentadas: Los pepinos ácidos y el repollo fermentado o sauerkraut son preparaciones tradicionales en diversos países europeos, en las cuales se permite una fermentación láctica con sal. La disminución del pH evita el deterioro bacteriano, ablanda la textura y produce nuevos sabores y aromas. Las aceitunas también se fermentan para su consumo.

5. Hortalizas en vinagre: Éste es el método empleado para preparar encurtidos, aplicando soluciones calientes de vinagre, sal y especias sobre pepinos, zanahorias, cebollas, hongos, céleri, pimentones. Las hortalizas en vinagre suelen pasteurizarse para su comercialización.

6. Hortalizas saladas: Es una forma menos frecuente y consiste en aplicar un 20% de sal a espárragos, judías, hongos, zanahorias y cebollas, lo cual permite su conservación sin fermentar.

7. Jugos de hortalizas: El jugo de tomate y el de vegetales mixtos son los clásicos utilizados para preparar cocteles y bebidas refrescantes aderezadas con limón, sal y ají picante. Se preparan por prensado o por centrifugación, y requieren pasteurización para su comercialización.

8. Pulpa de hortalizas: Se conoce con este nombre al puré o papilla obtenida al eliminar las semillas y las pieles de las hortalizas. El puré de tomate es la pulpa de hortalizas más comercializada.

9. Hortalizas en polvo: El polvo obtenido por atomización o liofilización permite conservar el aroma de este producto que contiene aproximadamente 3 g agua/100 g hortaliza en polvo. Este polvo puede reconstituirse o utilizarse como colorantes naturales en el caso de las espinacas y las remolachas.

16.12 Normas de control de calidad de frutas

La calidad de las frutas se evalúa mediante normas de control para garantizar su inocuidad al consumidor y para mantener sus características nutricionales y organolépticas. Cada método de conservación requiere de códigos específicos de prácticas de higiene y controles diferentes; así, hay normas para jugos, concentrados y néctares de fruta (*Codex Alimentarius*, 1992), para frutas y hortalizas elaboradas en conserva, en salmuera, compotas, jaleas, secas, en salsa, congeladas (*Codex Alimentarius*, 1995). La Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) ha producido normas sobre la medición de etanol en frutas y productos derivados (1977) terminología de frutas (1981), mermeladas y jaleas (1989), jugos y néctares (1995), algunas frutas como los plátanos (1981) y la piña (1983).

16.13 Elaboración de néctar de guayaba

El néctar de frutas es una forma de conservación utilizada para procesar la guayaba. En la Figura 16.4 se presenta el diagrama de flujo

utilizado para producir néctar de guayaba, desde la recepción de la fruta, hasta su almacenamiento.

recepción de guayabas	Recepción de las frutas.
↓	
pesado	Las frutas se pesan para calcular el rendimiento.
↓	
lavado	Lavar por inmersión en agua a temperatura ambiente.
↓	
selección	Eliminar las frutas dañadas y apartar las frutas inmaduras, las cuales se pueden madurar aparte para otro lote.
↓	
escaldado alcalino	Escaldar en solución de hidróxido de sodio 2%, a 85°C durante 2 minutos, para eliminar la epidermis.
↓	
neutralización	Lavar con agua hasta que el escurrido no coloree la fenoltaleína.
↓	
despulpado	Emplear malla 0.5 mm para extraer la pulpa con despulpadora.
↓	
formulación	Se formula con 30 % pulpa 10 °Brix, 14% sólidos solubles finales, 0.35% acidez final expresada como ácido cítrico.
↓	
refinado	Volver a pasar por la malla 0.5 mm de la despulpadora.
↓	
tratamiento térmico	Calentar en marmita a 85-90 °C.
↓	
envasado	Envasar en latas No. 211x413, con espacio de cabeza 0.5 cm.
↓	
enfriamiento	Enfriar por inmersión en agua fría.
↓	
almacenamiento	Almacenar las latas en depósito adecuado.
Figura 16.4 Obtención de néctar de guayaba	
<i>Modificado de: Academia del Área de Plantas Piloto de Alimentos, 2003</i>	

Ejercicios

E 16.1 ¿Por qué se envuelven las frutas en papel o en plástico para que maduren?

E 16.2 ¿Cómo se compara el contenido de vitaminas y minerales en frutas y hortalizas?

Controversias en Debate (CED)

CED 16.1

¿Cuándo consumir las frutas? ¿al comienzo o al final de la comida?

CED 16.2

¿Cómo consumir las hortalizas? ¿crudas, al vapor, horneadas, fermentadas, congeladas, fritas, deshidratadas, etc.?

Referencias

- Academia del Área de Plantas Piloto de Alimentos (2003) *Introducción a la Tecnología de Alimentos*. 2da. Edición. Editorial Limusa, Grupo Noriega Editores; México DF, México; 148 pp.
- Belitz HD, Grosch W (1985) *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia S.A.; Zaragoza, España; 813 pp.
- Comisión del *Codex Alimentarius* (1992) *Zumos (Jugos) de Fruta y Productos Afines*. Volumen 6. FAO/OMS; Roma, Italia; 439 pp.
- Comisión del *Codex Alimentarius* (1995) *Frutas y Hortalizas Elaboradas y Congeladas Rápidamente*. Volumen 5a. FAO/OMS; Roma, Italia; 121 pp.
- Fennema OR (1982) *Química de los alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 1095 pp.
- Instituto Nacional de Nutrición (2001) *Tabla de Composición de Alimentos para Uso Práctico*. Publicación No. 54. Serie Cuadernos Azules; Caracas, Venezuela; 97pp.
- <http://www.chlorischile.cl/cursoonline/morfologia/frutocarnoso.htm> (Recuperado el 15.06.06).
- <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema24/24-6fruto.htm> (Recuperado el 15.06.06).
- <http://linux.ajusco.upn.mx/fotosintesis/foto.html#celula> (Recuperado el 12.02.06).

Capítulo 17

Cereales y derivados

Patricia Vit

Los cereales son un grupo de gran importancia en la industria de alimentos. En este capítulo se presentan los conceptos de: definición de cereales, como frutos de las gramíneas que constituyen la principal fuente energética utilizada en la alimentación humana; los cereales más consumidos: el arroz (*Oryza sativa*), la avena (*Avena sativa*), la cebada (*Hordeum vulgare*), el centeno (*Secale cereale*), el maíz (*Zea mays*), el mijo (*Panicum miliaceum*), el sorgo (*Sorghum bicolor*) y el trigo (*Triticum vulgare* y *Triticum durum*). Estructura de las semillas, formadas por embrión, endospermo, capa de aleurona y tegumentos. Se compara la composición química de algunos grupos de cereales y sus derivados, y se ilustran para reconocerlos entre sí. Los métodos de conservación y preparación de cereales, como el importante proceso de panificación. Se mencionan las normas de control de calidad de los cereales y se presenta un diagrama de flujo utilizado para la elaboración de harina. Finalmente se sugieren dos ejercicios vinculados con la búsqueda de variedades del trigo y del arroz, y la comparación del contenido de vitaminas y minerales entre los cereales frescos y procesados. Las dos controversias presentadas consideran que las harinas pueden ser también de otro grupo de alimentos además de los cereales, y la respuesta inmunológica hacia los cereales cuando se introducen tarde en la dieta de los bebés.

Los hombres fueron formados por los dioses de la masa del maíz.

Popol Vuh

Contenido

- 17.1 Definición de cereales
- 17.2 Origen botánico
- 17.3 Estructura de los cereales
- 17.4 Composición química de los cereales y sus derivados
- 17.5 Principales grupos de cereales y sus derivados
- 17.6 Métodos de conservación de los cereales
- 17.7 Productos derivados de los cereales
- 17.8 Panificación
- 17.9 Normas de control de calidad de cereales
- 17.10 Elaboración de harina

Cereales y derivados

17.1 Definición de cereales

Se conoce como cereales a un grupo de granos producidos por las gramíneas, los cuales proveen importantes cantidades de nutrientes a la humanidad. Los cereales se conocen como alimentos básicos (*staple food* en inglés), por su notable aporte calórico. Por ejemplo, el trigo provee más del 50% de los carbohidratos y cubre un tercio de los requerimientos proteicos en la dieta de los países industrializados, al igual que el arroz en países con otras culturas. Los principales cereales utilizados en la alimentación humana son el arroz (*Oryza sativa*), la avena (*Avena sativa*), la cebada (*Hordeum vulgare*), el centeno (*Secale cereale*), el maíz (*Zea mays*), el mijo (*Panicum miliaceum*), el sorgo (*Sorghum bicolor*) y el trigo (*Triticum vulgare* y *Triticum durum*).

17.2 Origen botánico

Las gramíneas son un grupo de plantas pertenecientes a la familia Poaceae, las cuales se encuentran ampliamente distribuidas en el planeta. Producen inflorescencias con forma de espigas. Las especies de cereales producen frutos con las cubiertas soldadas a la semilla, conocidos como cariósido o cariopse (Ver Figura 16.1, en el tema

anterior). El peso de mil granos de cereales indica una medida relativa del tamaño de sus granos. En la Tabla 17.1 se muestra una relación entre pesos promedio de mil granos de diferentes cereales, donde puede apreciarse el gran tamaño del maíz, en contraste con los menores tamaños del mijo y el centeno.

Tabla 17.1
Peso de mil granos de siete tipos de cereales

Cereal	Peso de mil granos (g)
Arroz	27
Avena	32
Cebada	37
Centeno	21
Maíz	285
Mijo	23
Trigo	37

17.3 Estructura de los cereales

En la Figura 17.1 se muestran los tegumentos que envuelven al grano, el germen, la capa de aleurona y el endospermo. Todos los cereales tienen semillas con esos elementos estructurales, que se describen a continuación: 1. Embrión: Es el germen que dará origen a una nueva planta. 2. Endospermo: Estructura que protege al embrión y contiene los nutrientes para su germinación. 3. Aleurona: Capa rica en enzimas. 4. Tegumentos: Capa externa fibrosa y resistente para proteger la semilla.

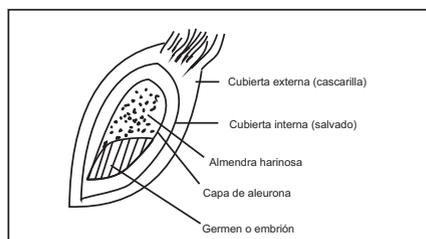


Figura 17.1 Estructura de un grano de cereal

Fuente: <http://es.geocities.com/bonidavi/nueva/images/trigo1.gif>

17.4 Composición química de los cereales y sus derivados

En los cereales se distinguen cuatro tipos de proteínas: 1. Albúminas; 2. Globulinas; 3. Glutelinas; 4. Prolaminas.

Entre las enzimas de los cereales, pueden mencionarse: 1. Amilasas; 2. Proteinasas; 3. Lipasas; 4. Fitasas; 5. Lipoxigenasas; 6. Peroxidasas; 7. Glutation deshidrogenasa.

Los carbohidratos de los cereales se dividen en dos grupos, uno mayoritario que es el almidón y dos minoritarios conformado por otros polisacáridos y los azúcares: 1. Almidón; 2. Otros polisacáridos (pentosanas, β -glucanos, glucofrutanos, celulosa); 3. Azúcares (monosacáridos, disacáridos, trisacáridos).

Los cereales almacenan los lípidos en el germen, de donde se extraen aceites comestibles.

En la Tabla 17.2 se presenta el análisis químico proximal de un grupo de cereales (arroz, avena, cebada, maíz, trigo) y sus derivados, según la Tabla de Composición de Alimentos del Instituto Nacional de Nutrición (2001), donde resalta que los cereales y sus derivados son fuente de carbohidratos.

Tabla 17.2
Composición proximal de algunos cereales y sus derivados

cereal	Composición proximal (g/100 g carne)				
	Humedad	Proteínas	Grasa	Carbohidratos	Cenizas
ARROZ					
Arroz blanco	13,0	8,1	0,7	77,7	0,5
Arroz cocido	73,1	2,2	0,1	24,4	0,5
Arroz integral	8,3	8,5	1,5	80,3	1,4
AVENA					
Harina de avena	8,7	14,7	8,6	66,1	1,9
Hojuelas	7,2	5,4	5,8	80,3	1,3
CEBADA					
Grano entero	10,3	11,3	1,8	74,0	2,6
Cebada perlada	10,9	9,0	1,0	78,0	1,1
MAÍZ					
Maíz amarillo	14,3	8,5	4,0	72,4	0,8

Maíz blanco	14,3	9,0	4,3	71,6	0,8
Harina precocida	11,2	7,2	1,1	80,2	0,3
Arepa	54,1	3,8	0,6	40,5	1,0
T R I G O					
Afrecho DNS	13,2	16,3	4,5	59,9	6,1
Afrecho HAD	10,4	13,3	5,2	65,6	5,5
Afrecho SRW	9,9	14,2	4,4	66,6	4,9
Trigo entero DNS	10,0	13,3	2,2	72,9	1,6
Arepa andina	25,0	10,9	2,6	59,7	1,8
Germen tostado	3,3	30,5	11,0	50,1	4,4
Galleta de soda	6,8	8,6	10,2	72,4	2,0
Galleta integral	3,8	8,0	13,5	73,2	1,5
Pan canilla	24,6	11,4	2,3	60,2	1,5
Pan integral	34,7	9,0	2,6	51,6	2,1
Pasta	10,4	15,6	1,6	71,9	0,5

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición, 2001.

17.5 Principales grupos de cereales y sus derivados

1. **Arroz:** En la Figura 17.2 se ilustra una planta de arroz con su espiga y semilla. El consumo de arroz más frecuente es en forma de grano, por lo que es importante no dañarlo durante la separación de los tegumentos y el pulido por abrasión. La pérdida de nutrientes como las vitaminas B₁, B₂ y niacina, que ocurre al producir arroz, puede corregirse con el procesamiento *parboil*, el cual consiste en una maceración húmeda en caliente para producir arroz parbolizado. También es frecuente el enriquecimiento por inmersión del arroz en una solución tiamina y niacina. Existen diferentes variedades de arroz, seleccionados por diferentes culturas para la elaboración de platos tradicionales como el sushi, la paella, el risotto, arroz chino, arroz salvaje, arroz con leche. En la Tabla 17.2 se compara la composición del arroz blanco e integral crudos, con el arroz cocido.



Figura 17.2 Arroz (*Oryza sativa*)

Fuente: Wikipedia

2. Avena: En la Figura 17.3 se ilustra una planta de avena junto con su espiga y semilla. La avena es un alimento recomendado para fortalecer el sistema nervioso y combatir el estrés. Además de propiedades antidepresivas, también es diurética. Por ser un alimento energizante, se recomienda para comenzar el día. Su elevado contenido en fibra ayuda a regular las funciones intestinales. Sin embargo, su consumo por animales es mayor que en humanos. Generalmente se presenta en hojuelas, las cuales se consumen tostadas en mezclas de cereales y en atoles. En la Tabla 17.2 se presenta la composición de la harina y de las hojuelas de avena.



Figura 17.3 Avena (*Avena sativa*)

Fuente: Wikipedia

3. Cebada: En la Figura 17.4 se ilustra una planta de cebada junto con su espiga y semilla. Fue consumida por egipcios, griegos y romanos. Este cereal se consume de diversas maneras, como granos inflados o perlados. En la cocina moderna, la cebada puede sustituir al arroz para preparar el tradicional risotto italiano. Su uso más notable es en el malteado y la obtención de cerveza, whisky y ginebra. También se usa en menor escala en alimentos porcinos. En la Tabla 17.2 se indica la composición de la cebada perlada y de grano entero.



Figura 17.4 Cebada (*Hordeum vulgare*)

Fuente: Wikipedia

4. Centeno: En la Figura 17.5 se ilustra la planta del centeno junto con sus espigas y semilla. El centeno se consumía en Siria. Con él se preparan harinas y también se fermenta para producir aguardiente. Los salvados de centeno como subproductos de la molienda se procesan como laxantes. En la Tabla 17.2 no aparece la composición del centeno ni de sus derivados.



Figura 17.5 Centeno (*Secale cereale*)
Fuente: Wikipedia

5. Maíz: En la Figura 17.6 se ilustra una planta de maíz junto con su espiga y semillas dispuestas en la mazorca. Pueden observarse diferentes colores del maíz maduro. El maíz fresco se consume directamente asado, hervido, preparado en sopas, cachapas y atoles. En Asia, también se consumen “mazorcas bebé” como hortalizas, las cuales son mazorcas sin madurar y sin granos. Existen variedades de maíz reventón, utilizado para obtener cotufas. Se puede preparar por remojo con cal y nixtamalizado. Las harinas de maíz se consumen en formas tradicionales de tortillas, tamales, bollos, arepas, empanadas, polentas, hallacas; a veces combinadas con otras harinas. En la Tabla 17.2 se compara la composición del maíz amarillo y del maíz blanco. También se indica la composición de la harina precocida y de la arepa.

Figura 17.6 Maíz (*Zea mays*)



Fuente: Wikipedia

6. Mijo:

Junto con el sorgo, es un alimento básico tropical, aunque representa sólo el 2% del consumo mundial de cereales. En África también se usa para producir cerveza.

Figura 17.7 Mijo común (*Panicum miliaceum*)



Fuente: Wikipedia

7. Sorgo:

Junto con el mijo, es un alimento básico importante en las regiones tropicales semidesérticas de Asia y África, donde no se cultiva el trigo.



Figura 17.8 Sorgo (*Sorghum bicolor*)

Fuente: Wikipedia

8. Trigo: En la Figura 17.9 se ilustra una planta de trigo con sus espigas y semilla. El trigo es el cereal más producido en las regiones templadas, y uno de los tres cereales más consumidos por el hombre, junto con el arroz y el maíz. Su tecnología por molienda seca permite obtener harinas, sémolas y subproductos como salvados y gérmen de trigo. Existen numerosas formas de consumo como galletas, pan ácimo o con levadura, pastas, chapatis, cuscus, gachas. Se procesa por extrusión para obtener diferentes formas de trigo inflado. Su conversión en hojuelas es muy utilizada en cereales listos para el desayuno. También se usa en la industria cervecera. Por un lado, su proteína conocida como gluten, confiere propiedades únicas a la harina de trigo, por otro también ocasiona intolerancias como la enfermedad celíaca. Existen diversas variedades de trigo (blando de primavera, duro de invierno) con diferentes aplicaciones tecnológicas. En la Tabla 17.2 se presenta la composición del trigo entero, fracciones de afrecho, germen tostado y derivados, como arepa, galleta de soda, galleta integral, pan canilla, pan integral y pasta.



Figura 17.9 Trigo (*Triticum vulgare*)

Fuente: Wikipedia

Tabla 17.3
Producción de trigo por países en el año 2005

Países	Millones Trigo/año
 China	96,3
 India	72,0
 Estados Unidos	57,1
 Rusia	47,7
 Francia	36,9
 Canadá	25,5
 Australia	24,1
 Alemania	23,6
 Pakistán	21,6
 Turquía	21,0
Total Mundial	619

17.6 Métodos de conservación de los cereales

Los cereales suelen almacenarse en silos, a fin de controlar la humedad y el calor ambiental. Contenidos de humedad superiores a 14% podrían favorecer el crecimiento de hongos, con la consecuente producción de micotoxinas, y de bacterias. El exceso de calor aumenta la respiración y ocasiona pérdida de peso por liberación de vapor de agua. A su vez, en los silos también se evitan daños causados por insectos y roedores. En condiciones favorables, la vida útil de los cereales puede extenderse durante tres años.

17.7 Productos derivados de los cereales

Los cereales utilizados en la alimentación humana (arroz, avena, cebada, centeno, maíz y trigo) se pueden consumir directamente o industrializados en forma de harinas, hojuelas, barras nutritivas, panes, pastas, sémolas, salvados, etc.

17.8 Panificación

El trigo y el centeno son los únicos cereales panificables. Se conoce como panificación al proceso utilizado para obtener pan, el cual consta de varias etapas: 1. Amasado de la harina con el agua y otros ingredientes; 2. Adición de la levadura; 3. Fermentación carbónica; 4. Moldeado del pan con o sin corte; 5. Horneado. La panificación continua permite reducir el tiempo de preparación del pan de 4-8 h a 2-3 h.

Las transformaciones bioquímicas que ocurren durante la panificación son: 1. La fermentación permite la producción de CO₂ durante la transformación de los azúcares por las enzimas de la harina y de las levaduras; 2. Durante la cocción se gelatinizan los gránulos de almidón, se coagulan las proteínas, se producen pigmentos por pardeamiento no enzimático, se inactivan las amilasas, mueren las levaduras y disminuye la humedad.

17.9 Normas de control de calidad de cereales

La calidad de los cereales se evalúa mediante normas de control para garantizar su inocuidad al consumidor y para mantener sus características nutricionales y organolépticas. Existen normas para cereales en saco, procesados como harinas, mezclados con otros ingredientes en harinas compuestas, sobre métodos de análisis químicos (acidez, aditivos, cenizas, fibra cruda, grasas) y físicos (viscosidad) para cereales, subproductos de la molienda, cereales utilizados para consumo animal, etc.

La Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) ha producido normas sobre: Alimento para animales; Harina de arroz 1876:83, Arroz blanco de grano largo (1641:1999), Arroz blanco para uso industrial (2384:1986), Arroz blanco métodos de ensayo (3404:1998), Arroz paddy (44:1990), Galletas (1483:2001), Harina de arroz (2300:1993), Harina de maíz precocida (2135:1996), Harina de trigo (217:2001), Harina de trigo; Determinación de gluten (1786:1981), Harina integral de trigo (2703:1990), Hojuelas de maíz (2498:1998), Pastas alimenticias (283:1994), Productos de cereales y leguminosas; determinación de acidez (1787:1981), Cenizas insolubles en ácido (1788:1981), Cenizas (1783:1981), Fibra cruda (1789:1981), Grasa (1785:1981), Bromato de potasio (1913:1982), Productos cereales. Determinación de la viscosidad aparente, Viscosímetro Mac Michael (1912:1982), Sémola de trigo (1946-82).

17.10 Elaboración de harina

La obtención de harinas permite elaborar una gran diversidad de productos derivados de cereales luego de su molienda. Las harinas se mezclan con ingredientes líquidos para obtener masas. Según el tamaño del polvo, se conocen harinas cero 0, dos ceros 00, tres ceros 000 y cuatro ceros 0000. Las harinas pueden ser integrales o refinadas, simples o compuestas, sin gluten, suplementadas, enriquecidas. En la Fig. 17.10 se presenta el diagrama de flujo utilizado para producir harina, desde la recepción de los granos, hasta su almacenamiento.

recepción de granos ↓	Recepción de los granos desde el silo.
limpieza ↓	Eliminación de componentes extraños
acondicionamiento ↓	Ajusta el contenido de humedad.
molienda ↓	Pulverización del endospermo de cereales limpios.
tamizado ↓	Separación de las distintas fracciones resultantes en función
mezclado ↓	Las fracciones obtenidas se mezclan para obtener diversos productos.
empaquetado ↓	La harina se envasa en paquetes.
almacenamiento	Los paquetes de harina se almacenan hasta su distribución.

Figura 17.10 Obtención de harina

Ejercicio

E 17.1 Elaborar una lista de variedades de maíz y de trigo.

E 17.2 ¿Cómo varía el contenido de vitaminas y minerales entre los cereales frescos y procesados?

Controversias en Debate (CED)

CED 17.1

Las harinas sólo pueden obtenerse de cereales

En el año 1964, la FAO generó el concepto de harinas compuestas para los países que no producen trigo. Además de las harinas de otros cereales como el arroz y el maíz, también se producen harinas de leguminosas (caraotas, garbanzo, lentejas), de frutas (plátano), raíces (yuca), tubérculos (papa), animales (pescado, lombrices).

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)

http://www.bvssan.incap.org.gt/bvs_incap/E/publica/notas/notatec6.pdf

CED 17.2

El cereal en grano no es tan malo para el bebé

Contrario a lo que recomiendan algunos pediatras, una reciente investigación sugiere incluir cereales en grano en la dieta de los bebés si se trata de evitar las alergias alimentarias. Por razones que no son del todo claras, las alergias alimentarias se están haciendo más comunes y afectan a entre el 3 y el 6 por ciento de todos los niños. Las alergias al trigo se encuentran entre las cinco principales alergias. ¿Por qué habría de importar cuándo reciben los bebés por primera vez los cereales? Parece que tiene algo que ver con el sistema inmunológico.

<http://www.healthfinder.gov/news/newstory.asp?docID=533147>

Referencias

- Astiasarán I, Martínez JA (2003) *Alimentos. Composición y Propiedades*. Mc Graw Hill Interamericana; Madrid, España; 364 pp.
- Horst-Dieter Tscheuschner (2001) *Fundamentos de Tecnología de los Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 746 pp.
- Belitz HD, Grosch W (1985) *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia S.A.; Zaragoza, España; 813 pp.
- Fennema OR (1982) *Química de los alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 1095 pp.
- Instituto Nacional de Nutrición (2001) *Tabla de Composición de Alimentos para Uso Práctico*. Publicación No. 54. Serie Cuadernos Azules; Caracas, Venezuela; 97pp.
- <http://www.wikipedia> (Recuperado el 15.06.06).
- <http://es.geocities.com/bonidavi/nueva/images/trigo1.gif> (Recuperado el 20.06.06).

Capítulo 18

Carnes y derivados

Patricia Vit

Las carnes son un grupo de gran importancia en la industria de alimentos. En este capítulo se presenta la definición de carnes, la estructura del tejido muscular (esquelético, liso y cardíaco), del tejido conjuntivo (epimisio, perimisio, endomisio), los vasos del sistema circulatorio (capilares, venas y arterias), los tipos de proteínas contráctiles (actina, miosina), solubles en soluciones salinas (enzimas, mioglobina), insolubles (colágeno y elastina), la composición química proximal de cortes de cerdo, pollo, res, otras carnes (conejo, chigüire, chivo, gallina, iguana, paloma, pato, pavo, venado), vísceras y derivados cárnicos, bioquímica de la contracción, fisiología *post-mortem* (*rigor mortis*, maduración de la carne, capacidad de retención de agua y de secuestro de calcio), clasificación de carnes y aves (aves, caballo, cabra, caza, cerdo, conejo, cordero, chigüire, res, ternera, vísceras y subproductos), pigmentos (mioglobina) y cambios de color (metamioglobina, oximioglobina, sulfomioglobina, coleomioglobina), métodos de conservación de carnes y derivados (cocción, congelación, deshidratación, fermentación, irradiación, nuevas tecnologías), productos derivados de carnes (conservas, jamones, embutidos, pasteles, extractos, hidrolizados), normas de control de calidad de carnes y derivados, y un diagrama de flujo utilizado para la elaboración de jamón cocido. Se sugieren dos ejercicios: 1. Comparar la forma, el peso, el color, la dirección de las fibras y la textura después de la cocción de dos cortes de carne de res en la carnicería; 2. Medir el tiempo que demora un pollo beneficiado en alcanzar el *rigor mortis*. Se invita a reflexionar sobre dos controversias en base al consumo de animales en vías de extinción, y la repercusión de dietas ricas en cárnicos en la salud humana.

Los priones, proteínas anormales implicadas en la enfermedad de las vacas locas con encefalopatía espongiforme bovina o enfermedad de Creutzfeldt-Jakob podrían destruir la industria de la carne

www.animalweb.cl

Contenido

- 18.1 Definición de carnes
- 18.2 Estructura muscular
- 18.3 Tipos de proteínas musculares
- 18.4 Composición química de las carnes y sus derivados
- 18.5 Bioquímica de la contracción muscular
- 18.6 Fisiología *post-mortem*
- 18.7 Clasificación de carnes y aves
- 18.8 Pigmentos y cambios de color
- 18.9 Métodos de conservación de carnes y aves
- 18.10 Productos derivados de carnes
- 18.11 Normas de control de calidad de carnes y sus derivados
- 18.12 Elaboración de jamón cocido

Carnes y derivados

18.1 Definición de carnes

En la industria de alimentos, la definición de carnes es muy amplia, incluye los músculos de animales comestibles, sus vísceras e inclusive la sangre porque se utiliza para preparar derivados cárnicos. Las aves y los mamíferos proveen la mayor cantidad de carne para el consumo humano. Los animales se benefician en mataderos o artesanalmente, son eviscerados y la carcasa resultante se conoce como canal.

Las carnes son una fuente proteica de alta calidad, además contienen hierro, vitaminas y minerales necesarios para el crecimiento, para las defensas y para la regeneración de los tejidos, como son las del complejo B y en especial la vitamina B-12, el zinc, el yodo, el selenio y el fósforo, entre otros.

18.2 Estructura del tejido muscular

Se conoce como tejido muscular al conjunto de tejidos entre la piel y los huesos de los animales, con funciones de locomoción voluntaria. Pero también existen músculos especializados en funciones involuntarias como la peristalsis intestinal y el bombeo de sangre por el corazón.

Existen tres tipos de músculos:

1. **Músculo esquelético:** El tejido esquelético es estriado porque está formado por delgados filamentos conocidos como fibras. Cada fibra es una célula alargada y multinucleada.

2. **Músculo liso:** Este tipo de músculo no muestra las fibras estriadas del músculo esquelético y es característico del estómago y de los intestinos.

3. **Músculo cardíaco:** El tejido del corazón tiene una estructura similar a la del músculo esquelético.

Los músculos están envueltos por tres capas de tejido conjuntivo:

Epimisio: Es la capa más externa de tejido conjuntivo, la cual envuelve al músculo como una vaina que lo separa de los músculos vecinos.

Perimisio: Es la segunda capa de tejido conjuntivo, la cual separa las fibras internas en grupos de haces.

Endomisio: Es la tercera capa del tejido conjuntivo, la cual recoge fibras en vainas muy finas que luego se fusionan en los extremos musculares con los tendones y permiten fijar el músculo al esqueleto.

Además de los músculos y del tejido conjuntivo, entre la piel y los huesos también se encuentran los vasos del sistema circulatorio:

Capilares: Se localizan en el endomisio.

Venas y arterias: Se localizan en el perimisio.

En la Figura 18.1 se ilustra una sección transversal de un músculo esquelético, con el tejido conjuntivo, las fibras musculares y los vasos sanguíneos.

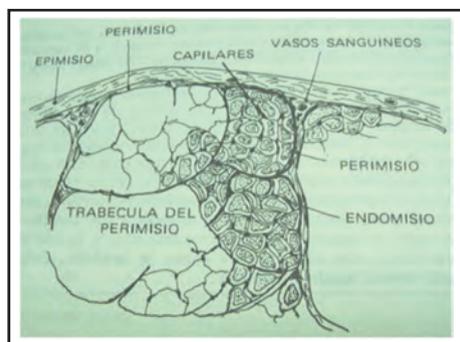


Figura 18.1 Sección transversal de un músculo esquelético

Fuente: Fennema, 1982

18.3 Tipos de proteínas musculares

El tejido muscular tiene tres tipos de proteínas clasificadas según su función y solubilidad en soluciones salinas: 1. Contráctiles. 2. Solubles. 3. Insolubles. A continuación se explican estas propiedades:

Las proteínas contráctiles están formadas por:

1. Actina: El monómero de actina globular (G-actina) posee un PM aproximado de 50000 - 60000 Dalton. La fibra de actina F-actina contiene 300 a 400 monómeros de G-actina.

2. Miosina: La molécula de miosina tiene un PM aproximado de 500000 Dalton y está formada por dos cadenas proteicas enrolladas entre sí, con zonas de α -hélice y un extremo con varios grupos -SH

Las proteínas solubles en soluciones salinas contienen:

1. Enzimas: Las enzimas se encuentran en el sarcoplasma, siendo la gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa la más abundante.

2. Mioglobina: Es la proteína que confiere el color a los músculos.

Las proteínas insolubles forman el tejido conjuntivo y se componen de:

1. Colágeno: Es la fracción mayoritaria del tejido conjuntivo, el cual se transforma en gelatina cuando se desnaturaliza por acción del calor.

2. Elastina: Es el segundo componente mayoritario del tejido conjuntivo.

Forma parte de las paredes de las arterias y de los ligamentos vertebrales.

18.4 Composición química de las carnes y de sus derivados

En la Tabla 18.1 se presenta el análisis químico proximal de un grupo de carnes, según la Tabla de Composición de Alimentos del Instituto Nacional de Nutrición (2001), donde se resalta que las carnes no son fuente de carbohidratos.

Tabla 18.1
Composición proximal de algunos cortes de cerdo, pollo y res

corte	Composición proximal (g/100 g carne)				
	Humedad	Proteínas	Grasa	Carbohidratos	Cenizas
CERDO					
Costilla	57.7	16.5	25.4	0.0	0.8
Chuleta	62.0	18.3	19.6	0.0	0.9
Chuleta ahumada	62.8	25.2	11.1	0.0	3.1
Lomo	60.0	19.5	12.7	0.0	1.0
Paleta	64.8	18.0	16.3	0.0	0.9
Pernil	70.9	19.2	9.0	0.0	1.0
POLLO					
Alas con piel	66.2	18.3	16.0	0.0	0.7
Alas sin piel	75.0	22.0	3.5	0.0	0.8
Muslo con piel	69.9	18.2	12.1	0.0	0.9
Muslo sin piel	76.1	20.1	3.8	0.0	0.9
Pechuga con piel	69.5	20.9	9.3	0.0	1.0
Pechuga sin piel	74.7	23.1	1.2	0.0	1.0
RES					
Chocozuela	72.6	22.3	1.2	0.0	1.1
Falda	77.1	20.6	0.9	0.0	1.1
Ganso	75.8	21.3	0.6	0.0	1.1
Lagarto	78.2	20.5	0.2	0.0	1.1
Lomito	74.8	18.7	1.8	0.0	1.1
Papelón	77.2	19.8	1.1	0.0	1.1
Pollo	77.8	21.0	0.6	0.0	1.1
Pulpa negra	75.4	21.6	1.9	0.0	1.1
Punta trasera	73.8	21.7	2.7	0.0	1.3
Solomo	75.1	23.2	0.6	0.0	1.1

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición, 2001.

También pueden observarse variaciones de composición proximal entre las diferentes secciones de cerdo, pollo, res y de las vísceras. No hay una composición promedio de cerdo, pollo y res, porque el contenido de grasa varía enormemente dependiendo del corte,

o de la presentación con y sin piel en el caso de las aves. A medida que aumenta el contenido de grasa, disminuye el contenido de humedad y también el contenido de proteínas; las cenizas aumentan ligeramente. Los mayores contenidos de grasa se encuentran en los cortes de cerdo y en el pollo con piel.

En la Tabla 18.2 se presenta el análisis químico proximal de carnes de uso menos frecuente y de las vísceras, según la Tabla de Composición de Alimentos del Instituto Nacional de Nutrición (2001). Se pueden observar variaciones de composición proximal entre el conejo, el chigüire, el chivo, la gallina, la iguana, la paloma, el pato, el pavo y el venado. También pueden observarse las variaciones entre las diferentes vísceras: corazón, hígado, lengua, panza, riñón, sesos y ubres.

Tabla 18.2
Composición proximal de carnes y vísceras

corte	Composición proximal (g/100 g carne)				
	Humedad	Proteínas	Grasa	Carbohidratos	Cenizas
OTRAS CARNES					
Conejo	70.8	20.3	7.7	0.0	1.2
Chigüire	77.9	18.4	0.7	0.0	1.8
Chivo	71.0	18.7	9.4	0.0	0.9
Gallina	62.2	18.5	18.4	0.0	1.0
Iguana	72.9	24.4	0.9	0.0	1.8
Paloma	57.8	18.6	22.1	0.0	1.5
Pato	54.4	16.0	28.6	0.0	1.0
Pavo	58.4	20.0	20.1	0.0	1.0
Venado	61.1	31.4	0.9	0.0	6.6
VÍSCERAS					
Corazón	76.8	16.8	4.9	0.0	1.0
Hígado	71.8	19.3	3.8	0.0	1.0
Lengua	66.4	18.4	12.3	0.0	0.8
Panza	78.0	15.0	3.8	0.0	0.8
Riñón	75.3	15.0	7.3	0.0	1.5
Sesos	78.4	10.4	9.6	0.0	1.4
Ubres	64.9	15.4	11.7	0.0	1.0

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición, 2001.

En la Tabla 18.3 se presenta la composición proximal de derivados cárnicos, los cuales son más variados para las carnes de cerdo que para las de pollo y de res. A la mayoría de los derivados se les añaden carbohidratos en sus formulaciones, lo cual se refleja en su composición, a diferencia del valor nulo encontrado en la Tabla 18.1 para carnes de cerdo, pollo y res.

Tabla 18.3
Composición proximal de algunos derivados cárnicos

d e r i v a d o	Composición proximal (g/100 g derivado cárnico)				
	Humedad	Proteínas	Grasa	Carbohidratos	Cenizas
C E R D O					
Jamón ahumado	44.4	17.7	31.8	0.7	5.4
Jamón cocido	77.2	13.2	3.9	1.6	4.1
Jamón endiablado	55.1	12.9	26.7	2.3	3.0
Jamón serrano	53.2	35.4	3.4	0.6	7.4
Salchicha	77.2	6.5	7.0	7.4	1.9
Salchicha Viena	64.2	15.8	16.4	0.0	3.6
Salchichón	27.0	27.3	38.2	1.8	5.7
Tocineta cruda	20.0	9.1	65.0	1.6	4.3
Tocineta frita	13.0	25.0	7.7	0.0	1.2
P O L L O					
Salchicha	68.3	9.9	13.3	6.3	2.2
Pasta	63.0	13.4	14.0	7.1	2.5
Bologna	55.8	13.2	18.3	9.1	3.6
R E S					
Mechada enlatada	68.4	13.2	9.1	6.9	2.4
De almuerzo enlatada	59.8	11.5	14.8	10.2	3.7
Salchicha Frankfurter	64.8	9.3	19.4	4.6	1.9

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición, 2001.

18.5 Bioquímica de la contracción muscular

La contracción muscular es la razón de ser de los músculos, para participar en el sistema de palancas necesarias para la locomoción. La bioquímica de la contracción muscular es compleja, pero la interacción

de las fibras en sección longitudinal durante la contracción puede ilustrarse con un diagrama sencillo (Ver Figura 18.2).

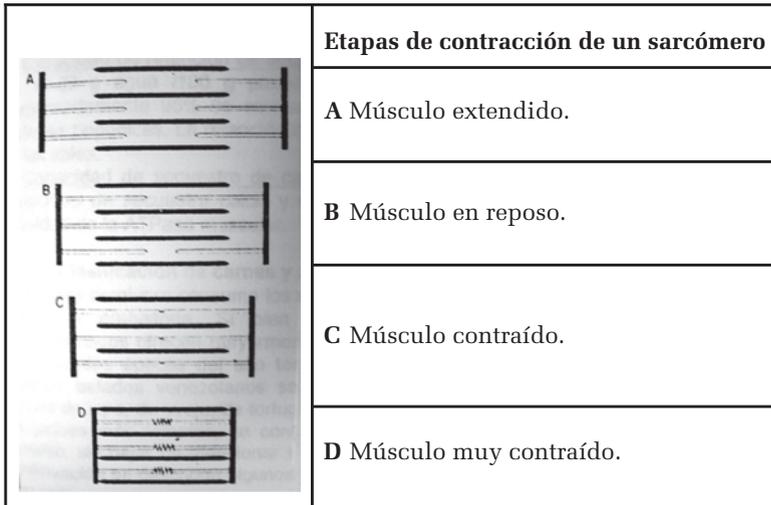


Figura 18.2 Sección longitudinal de la contracción muscular

Fuente: Fennema, 1982.

18.6 Fisiología *post-mortem*

Luego de beneficiar los animales, existe un grupo de reacciones conocidas como fisiología *post-mortem*, las cuales ocurren después de la muerte y durante el almacenamiento, y determinan las características organolépticas y nutricionales del producto cárnico. Entre estas reacciones, se pueden mencionar las siguientes:

1. *Rigor mortis*: Cuando se interrumpe la circulación sanguínea se producen condiciones anaerobias y ocurren las siguientes reacciones:

1. Se degradan los fosfatos creatin fosfato, ADP y ATP, ricos en energía;
2. Se produce y se acumula ácido láctico por vía de la glucólisis, el cual disminuye el pH desde 6.5 hasta 5.8.
3. La rigidez cadavérica se alcanza en 10-24 h en las reses, 4-8 h en los cerdos y 2-4 h en las aves. La retención de agua es mayor con un enfriamiento rápido de la carne, lo cual le confiere mejor textura.

2. Maduración de la carne: La carne fresca mejora sus características organolépticas 2-8 días después del beneficio, período que se conoce también como oreo.

3. Capacidad de retención de agua: La proporción de agua de hidratación es de 16-20 g agua /100 g proteína, el resto del agua muscular, que es aproximadamente 95% se encuentra atrapada por la red tridimensional de cadenas peptídicas. La retención de agua por el gel cárnico depende del pH y de las sales.

4. Capacidad secuestrante de calcio: El retículo sarcoplasmático pierde su capacidad de secuestrar calcio y ocasiona un incremento *post-mortem* de la actividad de la ATPasa muscular.

18.7 Clasificación de carnes y aves

El hombre carnívoro consume los animales disponibles en su medio ambiente desde la prehistoria. Si bien en las ciudades que habitamos, los supermercados ofrecen mayormente cerdo, pollo y res, ocasionalmente o en determinadas épocas del año también ofrecen pavo. En las carreteras de algunos estados venezolanos se venden conejos, iguanas y chivos. Las carnes de lapa, de ovejo, de tortuga y de venado son muy apreciadas y raras. En países más remotos, se consume carne de avestruz, de ballena y de camello, sin dejar de mencionar serpientes, perros, ranas y roedores cuy. A continuación se describen algunos tipos de carnes utilizadas para el consumo humano:

1. Aves: Existen numerosos tipos de aves, pero la más frecuente en la dieta es el pollo. La gallina, el pavo, el pato y las palomas también son muy conocidas y forman parte de recetas tradicionales. Otras aves como el faisán, el pauj y las codornices son menos consumidas. Las aves suelen tener carnes rosadas en la musculatura pectoral y carnes más oscuras en los muslos. También se reconocen carnes claras en pollo, gallina y pavo, y más oscuras en ganso, paloma y pato. Las carnes de aves tienen tendencia a enranciarse debido el elevado contenido de grasas insaturadas.
2. Caballo: Este tipo de carne se consume en algunos países como Suiza. Tiene consistencia firme y puede ser de color rojo claro en animales jóvenes a rojo pardo en caballos viejos. Se reconoce por su elevado contenido de ácido linolénico.

3. **Cabra:** En Venezuela se habla de leche de cabra y carne de chivo. Su carne es más clara que la de cordero. La carne de machos tiene olor fuerte.
4. **Caza:** Las carnes de caza son muy apreciadas por sus sabores fuertes. Entre la caza de pelo, el jabalí y el venado son de caza mayor, mientras que la liebre es de caza menor. La perdiz, la codorniz y el faisán son caza de pluma. Estas carnes tienen poca grasa y su color es oscuro.
5. **Cerdo:** Tiene consistencia fina y color rosa a gris claro, con mayor cantidad de grasa externa y entreverada.
6. **Conejo:** Este roedor se cría o se obtiene por cacería. Su carne es compacta y de color rosa claro.
7. **Cordero:** El cordero es una carne muy importante en las dietas de ciertas regiones, pero en Venezuela es poco frecuente. Es una carne muy apreciada por su delicado sabor, el cual es mejor en animales de 2-4 años sacrificados en otoño.
8. **Chigüire:** En Venezuela se consume carne del roedor más grande, conocido también como capibara. Esta carne es muy apreciada en el llano y tiene una tradición de consumo en Semana Santa.
9. **Res:** Es de color variable dependiendo de la edad y el sexo del ganado, desde el rojo ladrillo hasta el rojo oscuro. Las vacas pueden tener hasta 8 años y los toros hasta 2 años.
10. **Ternera:** Es de color rosado a rojo pálido y procede de animales de 4-6 semanas de edad.
11. **Vísceras y subproductos:** En la Tabla 18.2 se presentó la composición de algunas vísceras: corazón, hígado, lengua, panza, riñón, sesos, ubres. Cada una tiene características particulares de anatomía, composición y forma de preparación. La lengua y las ubres tienen el mayor contenido de grasa, seguidas por los sesos. La sangre también es un subproducto de la matanza, con un rendimiento de 3-5% del peso corporal en cerdos y reses, contiene cerca de 20 g proteína/100 g sangre.

18.8 Pigmentos y cambios de color

La hemoglobina es el pigmento de la sangre y la mioglobina es el pigmento de los músculos. La globina es la cadena polipeptídica de la hemoglobina y de la mioglobina. La función de la hemoglobina es transportar el oxígeno de los pulmones a los tejidos; sin embargo, la

afinidad de la mioglobina por el oxígeno es superior y por ello actúa como reserva de oxígeno muscular.

Las modificaciones químicas de la mioglobina son muy importantes en la ciencia de los alimentos, en particular en la tecnología de los cárnicos porque la mioglobina púrpura puede transformarse en oximioglobina rojo vivo, metamioglobina de color pardo, e inclusive dos formas de color verde: sulfomioglobina y coleomioglobina.

18.9 Métodos de conservación de carnes y aves

En los capítulos previos sobre los métodos utilizados para conservar los alimentos, se presentó la conservación basada en el empleo de las altas temperaturas (Capítulo 8), las bajas temperaturas (Capítulo 9), la disminución de A_w (Capítulo 10), el uso de los aditivos (Capítulo 12), los empaques (Capítulo 14), la irradiación y las nuevas tecnologías (Capítulo 13). Estos métodos de conservación se utilizan para extender la vida útil de carnes y aves, y también para diversificar su forma de consumo en las dietas. Las carnes y las aves no suelen consumirse crudas, excepto en ocasionales recetas como el carpaccio y la tártara. La industria del frío es quizás la más empleada para almacenar los productos cárnicos, aunque en algunos países como México y Sudáfrica, es tradicional el consumo de carnes deshidratadas. En la Fig. 18.3 se ilustran canales de res conservadas en frío.



Figura 18.3 Conservación de canales en cavas de refrigeración

Fuente: www.bus.iastate.edu

18.10 Productos derivados de carnes

1. Conservas: Las carnes enlatadas se someten a tratamiento térmico para lograr su esterilidad comercial y la cocción del producto.

2. Jamones: Hay muchos tipos de jamones, con hueso y sin hueso, curado y cocido, todos incluyen salazón. En el jamón curado la carne permanece adherida al hueso. En algunos tipos de jamón cocido se emulsiona la carne con otros ingredientes y se usan moldes. En el lomo embuchado se ahúma el lomo curado.

3. Embutidos: Este derivado multiplica las posibilidades de consumo de las carnes según las tradiciones regionales. Se utilizan carnes picadas mezcladas con especias y otros ingredientes requeridos para formar una pasta, la cual se embute en tripas naturales o artificiales. Se clasifican en embutidos crudos (salami, salchichón, cervelata), cocidos (pasta de hígado, morcilla, fiambre gelatinoso) y escaldados (salchichas tipo Frankfurt y Viena, mortadelas).

4. Pasteles: Contienen carnes de preciada calidad sometidas a cocción con otros ingredientes como trufas y especias. Sus formas son variadas.

5. Extractos: Son concentrados de componentes hidrosolubles de las carnes extraídos por corrientes de vapor.

6. Hidrolizados: La hidrólisis ácida de proteínas vegetales (gluten, maní, soya) permite obtener hidrolizados proteicos con aroma y sabor similar a los caldos de carne.

18.11 Normas de control de calidad de carnes y de sus derivados

En el control de calidad de las carnes se analizan los siguientes parámetros:

1. El origen de la especie animal por identificación serológica y electroforesis.
2. La condición de carne fresca o congelada por análisis de modificaciones de isoenzimas del citosol, como la glutamato-oxalacetato-transaminasa asociada sólo al sarcoplasma (GOT_s) en la carne fresca, y también a las mitocondrias (GOT_M) en las carnes congeladas.

3. La proporción de los pigmentos mioglobina (púrpura), oximioglobina (roja) y metamioglobina (parda), permite evaluar el grado de frescura de la carne por su color.
4. El tratamiento de ablandamiento por proteasas se puede detectar por la presencia de fragmentos de colágeno.
5. El uso de anabolizantes está prohibido.
6. Los residuos antibióticos se miden por métodos diferentes. Por ejemplo, las tetraciclinas se miden por fluorometría.
7. Las adulteraciones con agua, carbohidratos y grasa añadida se pueden detectar con los análisis proximales.
8. El control de nitratos, nitritos y nitrosaminas es muy importante en los derivados curados.

En la norma COVENIN 792-82, se definen e identifican las piezas de una canal según la base ósea, el plano muscular y la preparación del corte. En las normas de derivados cárnicos, como la del jamón cocido (COVENIN 1602:2003), se señalan disposiciones de 29 normas adicionales que deben ser consideradas para comprobar los cuatro requisitos de calidad química y los diez requisitos de calidad microbiológica allí establecidos.

18.12 Elaboración de jamón cocido

El jamón cocido es una forma de conservación muy utilizada para procesar carnes. En la Figura 18.4 se presenta el diagrama de flujo utilizado para producir jamón cocido desde la recepción de la carne fresca, hasta su almacenamiento.

Ejercicio

E 18.1 Solicitar dos cortes de carne de res en la carnicería. Comparar su forma, peso, color, dirección de las fibras y textura después de la cocción.

E 18.2 Si tiene la oportunidad de beneficiar un pollo, mida cuánto tiempo tarda en alcanzar el rigor mortis.

recepción de carne	Recepción de la carne fresca.
↓	
pesado	La carne fresca se pesa para calcular el rendimiento.
↓	
lavado	Lavado superficial con agua y por inmersión rápida en solución germicida de yodóforo max. 0,1%.
↓	
refrigeración	Refrigerar las piernas durante 24 h a 2-3°C, colgadas en ganchos de acero inoxidable.
↓	
inyección	Introducir la aguja profundamente con punciones cerca del hueso distanciadas 3-5 cm.
↓	
inmersión	Sumergir en salmuera dentro de un recipiente.
↓	
curado	La temperatura de curado es 3-5 °C durante 3-4 días.
↓	
formulación	Cálculo de ingredientes con base de 100 kg jamón cocido.
↓	
 acondicionamiento	Limpieza de moldes y bolsas de algodón. Deshuesado. Eliminación de tendones y grasa. Llenado manual de bolsas con carne magra.
↓	
cocción	Los moldes con las bolsas de carne se cuecen a 70-75°C x 50 min.
↓	
enfriamiento	Enfriar a 0-3°C durante 20 h o hasta alcanzar una temperatura interior de 2-3°C.
↓	
empacado	Desmoldar, lavar con solución germicida y empacar.
↓	
almacenamiento	Almacenar los jamones en depósito a 1-4°C y sin humedad condensada.
Figura 18.4 Obtención de jamón cocido	
<i>Modificado de: Academia del Área de Plantas Piloto de Alimentos, 2003</i>	

Controversias en Debate (CED)

CED 18.1

Implicaciones ecológicas del consumo de carne de animales en vía de extinción.

CED 18.2

Repercusión de dietas ricas en cárnicos, en la salud humana.

Referencias

- Academia del Área de Plantas Piloto de Alimentos (2003) *Introducción a la Tecnología de Alimentos*. 2da. Edición. Editorial Limusa, Grupo Noriega Editores; México DF, México; 148 pp.
- Belitz HD, Grosch W (1985) *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia S.A.; Zaragoza, España; 813 pp.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. 1982. *Carne de Bovino. Definición e Identificación de las Piezas de una Canal*. COVENIN 1602:2003. Fondonorma; Caracas, Venezuela; 9 pp.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. 2003. *Jamón Cocido*. COVENIN 1602:2003. Fondonorma; Caracas, Venezuela; 5 pp.
- Cheftel JC, Cheftel H (1976) *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 333 pp.
- Fennema OR (1982) *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia; Zaragoza, España; 1095 pp.
- Instituto Nacional de Nutrición (2001) *Tabla de Composición de Alimentos para Uso Práctico*. Publicación No. 54. Serie Cuadernos Azules; Caracas, Venezuela; 97pp.
- http://www.bus.iastate.edu/mennecke/new/Projects_meattraceability.htm (Recuperado el 11.06.06).

APÉNDICES

1. Normas COVENIN para control de calidad de Alimentos. CT10

Productos Alimenticios.

Lista adquirida por APIBA (Apiterapia y Bioactividad).

Norma COVENIN	Título
AGUA	
286-90	Agua potable. Determinación de fenoles.
2123-84	Agua potable. Determinación de color.
2614:1994	Agua potable. Toma de muestra.
2685-90	Agua potable. Determinación de cloro residual.
CARBOHIDRATOS	
236-79	Azúcar. Método de muestreo.
240:1994	Azúcar. Determinación de cenizas por conductividad.
2136-84	Miel de abejas. Métodos de ensayo.
2191-84	Miel de abejas.
3307:1997	Goma de mascar y caramelos. Determinación de azúcares reductores y sacarosa.
3308:1997	Goma base, goma de mascar y caramelos. Determinación de humedad.
3341:1997	Caramelos.
LÍPIDOS	
70:2001	Margarina.
90:1994	Mayonesa.
120:1994	Mantequilla.
743:2002	Aceite comestible de maíz.
1190:2003	Aceites y grasas vegetales. Muestreo.
1767-81	Mayonesa. Métodos de ensayo.
PROTEÍNAS	
2676-90	Productos proteínicos vegetales para consumo humano. Requisitos generales.
2946-92	Gelatina comestible.
VITAMINAS Y MINERALES	
1184-84	Alimentos. Determinación de vitamina B ₂ (riboflavina).

1157-84	Alimentos. Determinación de vitamina B ₆ . Método microbiológico.
1170-83	Alimentos. Determinación de Hierro.
1333-78	Alimentos. Determinación de Zinc.
1408-79	Alimentos. Determinación de Manganeseo.
2318-85	Alimentos. Determinación de vitamina A.
2381-86	Alimentos. Determinación de vitamina B ₁ (tiamina).
ALTAS TEMPERATURAS	
1087:1998	Sardinias en conserva.
1051-82	Alimentos envasados. Determinación del espacio libre.
2132-84	Alimentos enlatados. Determinación de estaño por absorción atómica.
BAJAS TEMPERATURAS	
2392:1997	Helados y mezclas para helados.
3191:1995	Masa congelada y/o refrigerada a base de harina de trigo.
DISMINUCIÓN Aw	
604:93	Café. Definiciones.
1030:1995	Jugos y néctares. Características generales.
1339:1995	Granos de cacao. Toma de muestras.
2302:1985	Mezclas deshidratadas para caldos y sopas.
2592-89	Mermeladas y jaleas de frutas.
3005-93	Jugo de toronja.
FERMENTACIONES	
91:2002	Cerveza.
47-90	Vinagre.
2616:2001	Malta y cerveza. Métodos de ensayo.
3180:1995	Whisky.
3281:1997	Vinos y sus derivados. Determinación de calcio.
3281:1997	Vinos y sus derivados. Determinación de Hierro y ferrocianuro.
3283:1997	Vinos y sus derivados. Determinación de sorbitol.
3285:1997	Vinos y sus derivados. Determinación de azúcares totales.
3286:1997	Vinos y sus derivados. Determinación de acidez total y acidez volátil.
3287:1997	Vinos y sus derivados. Determinación de extracto seco libre.
3288:1997	Vinos y sus derivados. Determinación de ácido cítrico
3289:1997	Vinos y sus derivados. Determinación de cloruros
3342:1997	Vino y sus derivados. Requisitos.
3370:1998	Alcohol etílico para la preparación de bebidas alcohólicas.

3533:1999	Vodka.
3662:2001	Cocuy pecayero.
ADITIVOS	
910:2000	Norma general para aditivos alimentarios.
EMPAQUES	
383:1995	Café verde en sacos. Método de muestreo.
1338-86	Alimentos envasados. Muestreo.
1564:1999	Envases plásticos y metálicos. Determinación de la hermeticidad.
LECHE Y DERIVADOS LÁCTEOS	
120:1994	Mantequilla.
503-82	Leche fluída. Determinación de grasa. Método de Babcock.
677:2000	Crema de leche para uso industrial.
903:1993	Leche cruda.
931:1997	Leche y sus derivados. Determinación de grasa por el método de Roesse Gottlieb.
938-83	Leche y productos lácteos. Métodos para la toma de muestra.
1053-82	Leche fluída. Determinación de grasa. Método de Gerber.
1115:1996	Leche en polvo. Determinación del índice de insolubilidad.
1200:1981	Leche cruda. Dterminación de sustancias conservadoras.
1205:2001	Leche esterilizada de larga duración.
1538:1992	Queso amarillo.
1813:2000	Norma general de quesos.
1814-81	Quesos. Determinación de grasas.
2179:1997	Leche condensada azucarada.
2847:1992	Queso Munster.
2848:2001	Queso Parmesano.
2849:1992	Queso Provolone.
2850:1992	Queso Brie.
2851:1992	Queso Gouda.
2852:1992	Queso Edam.
2853:2001	Queso Fynbo.
2854:2002	Queso Danbo.
3559:2000	Queso fundido.
2393:2001	Yogurt.
FRUTAS Y HORTALIZAS	
165-83	Tomates.

977-83	Pulpa de frutas. Consideraciones generales.
1250-77	Frutas y productos derivados. Determinación de etanol.
1768-81	Frutas. Terminología.
1769-81	Frutas. Tomas de muestras.
1835-81	Plátanos.
2074-83	Cambures (bananos).
2075-83	Piñas.
2195-84	Zanahorias.
2196-84	Repollo blanco.
CEREALES Y DERIVADOS	
283:1994	Pastas alimenticias.
612-82	Cereales-leguminosas-oleaginosas y productos derivados. Muestreo.
1483:2001	Galletas.
1946-82	Sémola de trigo.
2135:1996	Harina de maíz precocida.
2498:1998	Hojuelas de maíz.
CARNES Y DERIVADOS	
792-82	Carne de bovino. Definición e identificación de las piezas de un canal.
1120:1997	Carne y productos cárnicos. Determinación de humedad.
1602:2003	Jamón cocido.
1218:2002	Carne y producto cárnico. Determinación del contenido de nitrógeno.
1219:2000	Carne y productos cárnicos. Determinación de grasa total.
1220:1999	Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido total de cenizas.
1223:2002	Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de sal.
2355:1999	Espalda cocida.
3305:1997	Pechuga cocida.
DIVERSOS	
179:1995	Sal comestible.
1562-90	Especias y condimentos. Métodos de ensayo.
2615:2002	Malta.
ALIMENTO PARA ANIMALES	
1567-80	Alimentos para animañiles. Método de muestreo.
1887-83	Alimento completo para animales de bioterio (ratas, ratones hamsters y acures).

*<http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/action/normas-find>
Seleccionar CT1*

2. Lista de términos en inglés técnico para ciencia de alimentos

Español	Inglés
aceite	Oil
acidez	Acidity
actividad de agua	water activity
agua	Wáter
agua potable	drinking wáter
alimento	Food
almidón	Starch
altas presiones	high pressures
aminoácido	Aminoacid
análisis	Analysis
antioxidante	Antioxidant
aves	Poultry
azúcar	Sugar
bacteria	Bacteria
bebida	Drink
campos eléctricos pulsantes	electric pulsing fields
campos magnéticos oscilantes	magnetic oscillating fields
carbohidrato	Carbohydrate
carne	Meat
caseína	Casein
cereal	Cereal
ciencia	Science
clasificación	Classification
color	Color
composición	Composition
congelación	Freezing
control de calidad	quality control
crema	Cream
definición	Definition
deshidratación	Dehydration

desnaturalización	Denaturation
deterioro	Spoilage
enzima	Enzyme
equipo	Equipment
estructura	Structure
fermentación	Fermentation
fisicoquímico	Physicochemical
fisiología	Physiology
fruta	Fruit
galactosa	Galactose
gelificación	Gelation
glucosa	Glucose
helado	ice cream
hielo	Ice
hortaliza	Vegetable
huevo	Egg
irradiación	Irradiation
jamón	Ham
leche	Milk
levadura	Yeast
lípidos	Lipid
mantequilla	Butter
margarina	Margarine
microorganismo	Microorganism
músculo	Muscle
nuevas tecnologías	new technologies
papaína	Papain
pardeamiento	Browning
pectina	Pectin
pigmento	Pigment
postcosecha	Postharvest
post-mortem	post-mortem
propiedad	Property
proteína	Protein
pulsos luminosos	light pulses

queso	Cheese
refrigeración	Refrigeration
sacarosa	Sucrose
secado	Drying
tecnología	Technology
vitamina	Vitamin

3. Acrónimos institucionales

ACS, Sociedad Americana de Química (ACS, American Chemical Society).

AID, Agencia para el Desarrollo Internacional (AID, Agency for International Development).

AMA, Asociación Americana de Médicos (AMA, American Medical Association).

AMG, Servicio de Mercadeo Agrícola (AMG, Agricultural Marketing Service)

AOAC, Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC, American Chemical Society).

APHA, Asociación Americana de Salud Pública (APHA, American Public Health Association).

APHIS, Servicio de Inspección Animal y Vegetal (APHIS, Animal and Plant Health Inspection Service).

ARS, Servicio de Investigación Agrícola (ARS, Agricultural Research Service).

CAVIDEA, Cámara Venezolana de la Industria de Alimentos (CAVIDEA, Venezuelan Food Industry Chamber).

CCA, Comisión del Codex Alimentarius (CAC, Codex Alimentarius Commission).

CDC, Centro de Control de Enfermedades (CDC, Centers for Disease Control).

CIEPE, Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial (CIEPE, State Research Center for Experimental Agroindustrial Production).

COVENIN, Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN, Official Venezuelan Bureau of Standards).

CVM, Centro para Medicina Veterinaria (CVM, Center for Veterinary Medicine).

EAN, Numeración de Artículos Europea (European Article Number).

EC, Comisión de Enzimología (EC, Enzymology Commission).

EEC, Comunidad Económica Europea (EEC, European Economic Community).

EPA, Agencia de Protección Ambiental (EPA, Environmental Protection Agency).

FAO, Organización de Alimentos y Agricultura (FAO, Food and Agriculture Organization).

FDA, Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, Food and Drug Administration).

FSIS, Servicio de Seguridad e Inspección Alimentaria (FSIS, Food Safety and Inspection Service).

FONDONORMA, Fondo de Normas (FONDONORMA, Fund of Regulations).

GENCOD, Grupo de Estudios de Normalización y Codificación (GENCOD, Groupement d'Études de Normalisation et de Codification).

IFT, Instituto de Tecnólogos de Alimentos (IFT, Institute of Food Technologists).

INH, Instituto Nacional de Higiene (INH, National Hygiene Institute).

ISO, Organización Internacional de Estandarización (ISO, International Organization for Standardization).

MAT, Ministerio de Agricultura y Tierras (MAT, Ministry of Agriculture and Land).

MSDS, Ministerio de Salud y Desarrollo Social (MSDS, Ministry of Health and Social Development).

MPC, Ministerio de Producción y Comercio (MPC, Ministry of Production and Commerce).

NASS, Servicio Nacional de Estadística Agrícola (NASS, National Agricultural Statistics Service).

NCTR, Centro Nacional de Investigación Toxicológica (NCTR, National Center for Toxicological Research).

NIH, Instituto Nacional para la Salud (NIH, National Institute of Health).

NLEA, Acto de Nutrición, Etiquetado y Educación (NLEA, Nutrition, Labeling and Education Act).

NOAA, Administración Nacional de Atmósfera y Océanos (NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration).

OMS, Organización Mundial de la Salud (WHO, World Health Organization).

OPP, Oficina de Programas de Plaguicidas (OPP, Office of Pesticide Programs).

SASA, Servicio Autónomo de Sanidad Agropecuaria (SASA, Autonomous Sanitary Animal and Agricultural Service).

SLAN, Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN, Latin American Society of Nutrition).

UNDP, Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (UNDP, United Nations Development Program).

UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, United Nations Education, Scientific and Cultural Organization).

USDA, Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, U.S. Department of Agriculture)

4. Identificación botánica de plantas comestibles

Las plantas se consumen enteras o se seleccionan sus cortezas, flores, frutos, hojas, raíces, resinas, semillas, tallos, troncos. Esta lista sería mucho más extensa si se considerara la diversidad cultural y de hábitats donde crecen plantas consumidas por el hombre como alimento o medicamento, o tóxicas como la cicuta. No se incluyen las plantas utilizadas exclusivamente para ahumar, asar, envolver; pero sí aquellas utilizadas como especias y para preparar infusiones. Tampoco se indican los distintos nombres utilizados en Hispanoamérica, sino el más usado en Venezuela; por este motivo, vocablos como achiote, marañón, patata, sandía, zapallo se presentan como onoto, merey, papa, patilla, calabacín.

En algunas familias botánicas se ha actualizado su nomenclatura sistemática. Los nombres tradicionales (Compositae, Cruciferae, Gramineae, Guttiferae, Labiatae, Leguminosae con tres subfamilias Caesalpinioideae, Mimosoideae y Papilionoideae, Palmae, Umbelliferae) han sido reemplazados por los nuevos (Asteraceae, Brassicaceae, Poaceae, Clusiaceae, Lamiaceae, Caesalpinaceae, Mimosaceae, Fabaceae, Arecaceae, Apiaceae) respectivamente, que son los referidos en esta lista.

Plantas comestibles

Español	Nombre científico	Familia	Inglés
A			
Abrojo	<i>Tribulus cistoides</i>	ZYGOPHYLLACEAE	Puncture vine
Aceituna	<i>Olea europaea</i>	OLEACEAE	Olive
Acelga	<i>Beta vulgaris</i>	CHENOPODIACEAE	Chard
Aguacate	<i>Persea americana</i>	LAURACEAE	Avocado
Ajo	<i>Allium sativum</i>	LILIACEAE	Garlic
Ajonjolí	<i>Sesamum indicum</i>	PEDALIACEAE	Sesame
Ajoporro	<i>Allium porrum</i>	LILIACEAE	Leek
Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i>	LAMIACEAE	Sweet basil
Albaricoque	<i>Prunus armeniaca</i>	ROSACEAE	Apricot
Alcachofa	<i>Cynara scolymus</i>	ASTERACEAE	Artichoke
Alcaparra	<i>Capparis spinosa</i>	CAPPARIDACEAE	Caper
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	FABACEAE	Alfalfa
Algodón	<i>Gossypium hirsutum</i>	MALVACEAE	Cotton
Alhelí	<i>Melia azederach</i>	MELIACEAE	Chinaberry
Almendra	<i>Prunus amygdalus</i>	ROSACEAE	Almond
Alpiste	<i>Pphalaris canariensis</i>	POACEAE	Birdseed
Amaranto	<i>Amaranthus paniculatus</i>	AMARANTHACEAE	Amaranth
Anís	<i>Pimpinella anis</i>	APIACEAE	Anise
Anís estrellado	<i>Illicium verum</i>	ILLICIACEAE	Star anise

Anón	<i>Annona reticulata</i>	ANNONACEAE	Custard-apple
Apio	<i>Arracacia xanthorrhiza</i>	APIACEAE	Peruvian carrot
Apio España	<i>Apium graveolens</i>	APIACEAE	Celery
Arándano azul	<i>Vaccinium myrtillus</i>	ERICACEAE	Blueberry
Arándano rojo	<i>Vaccinium oxycoccos</i>	ERICACEAE	Cranberry
Arce	<i>Acer saccharum</i>	ACERACEAE	Maple
Árnica	<i>Arnica montana</i>	ASTERACEAE	Leopard's bane
Artemisa	<i>Artemisia vulgaris</i>	ASTERACEAE	Artemise
Arveja	<i>Lathyrus odoratus</i>	FABACEAE	Sweet pea
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	POACEAE	Rice
Auyama	<i>Cucurbita maxima</i>	CUCURBITACEAE	Pumpkin
Avellana	<i>Corylus avellana</i>	CORYLACEAE	Hazel-nut
Avena	<i>Avena sativa</i>	POACEAE	Oat
Azafrán	<i>Crocus sativus</i>	IRIDACEAE	Saffron
B			
Batata	<i>Ipomoea batatas</i>	CONVOLVULACEAE	Sweet potatoe
Ben	<i>Moringa oleifera</i>	MORINGACEAE	Horseradish-tree
Berenjena	<i>Solanum melogena</i>	SOLANACEAE	Eggplant
Berro	<i>Nasturtium officinale</i>	BRASSICACEAE	Watercress
Bledo	<i>Amaranthus tricolor</i>	AMARANTHACEAE	Chinese amaranth
Borraja	<i>Borago officinalis</i>	BORAGINACEAE	Borage
Brócoli	<i>Brassica oleraceae</i>	BRASSICACEAE	Broccoli
C			
Cabello de ángel	<i>Cucurbita ficifolia</i>	CUCURBITACEAE	Malabar squash
Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	STERCULIACEAE	Cocoa
Café	<i>Coffea arabica</i>	RUBIACEAE	Coffee
Caimito	<i>Chrysophyllum cainito</i>	SAPOTACEAE	Star-apple
Calabacín	<i>Cucurbita pepo</i>	CUCURBITACEAE	Zucchini
Calabaza búfalo	<i>Cucurbita foetidissima</i>	CUCURBITACEAE	Buffalo gourd
Cambur	<i>Musa sapientum</i>	MUSACEAE	Banana
Canela	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	LAURACEAE	Cinnamon
Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	POACEAE	Sugarcane
Caroatas negras	<i>Phaseolus vulgaris</i>	FABACEAE	Black beans
Cardamomo	<i>Elettaria cardamomum</i>	ZINGIBERACEAE	Cardamom
Cártamo	<i>Carthamus tinctorius</i>	ASTERACEAE	Safflower
Castaña	<i>Castanea sativa</i>	FAGACEAE	Chestnut
Cayena	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	MALVACEAE	Hibiscus
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>	POACEAE	Barley
Cebolla	<i>Allium cepa</i>	LILIACEAE	Onion
Cebollín	<i>Allium schoenoprasum</i>	LILIACEAE	Chive
Centeno	<i>Secale cereale</i>	POACEAE	Rae
Cerezo	<i>Eugenia uniflora</i>	MYRTACEAE	Brazil cherry
Cicuta	<i>Conium maculatum</i>	APIACEAE	Hemlock
Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>	APIACEAE	Coriander
Ciruela	<i>Prunus domestica</i>	ROSACEAE	Plum
Clavo de olor	<i>Syzygium aromaticum</i>	MYRTACEAE	Clove
Cola de caballo	<i>Equisetum arvense</i>	EQUISETACEAE	Horse-tail
Coco	<i>Cocos nucifera</i>	ARECACEAE	Coconut
Coliflor	<i>Brassica oleracea var. capitata</i>	BRASSICACEAE	Cauliflower
Colinabo	<i>Brassica caulorapa</i>	BRASSICACEAE	Kohlrabi
Colza	<i>Brassica napus</i>	BRASSICACEAE	Rape
Corazón	<i>Annona reticulata</i>	ANNONACEAE	Bullock's heart
Coroba	<i>Jessenia polycarpa</i>	ARECACEAE	Jessenia palm
Corocillo	<i>Cyperus rotundus</i>	CYPERACEAE	Nutgrass
Cotoperís	<i>Talassia olivaeformis</i>	APIACEAE	Yellow genip
Cundeamora	<i>Momordica charantia</i>	CUCURBITACEAE	Bitter gourd
Cúrcuma	<i>Curcuma domestica</i>	ZINGIBERACEAE	Turmeric

Curuba	<i>Passiflora mollisima</i>	PASSIFLORACEAE	Curuba
CH			
Chalote	<i>Allium ascalonicum</i>	LILIACEAE	Shallot
Chayota	<i>Sechium edule</i>	CUCURBITACEAE	Chayota
Chirimoya	<i>Annona cherimolia</i>	ANNONACEAE	Cherimoya
Chocho	<i>Lupinus mutabilis</i>	FABACEAE	Lupin
Chufa	<i>Cyperus esculentum</i>	CYPERACEAE	Tigernut
D			
Dátil	<i>Phoenix dactilifera</i>	ARECACEAE	Date
Diente de león	<i>Taraxacum officinalis</i>	ASTERACEAE	Dandelion
Digital	<i>Digitalis purpurea</i>	SCROPHULARIACEAE	Foxglove
Durazno	<i>Prunus persica</i>	ROSACEAE	Peach
E			
Endivia	<i>Cichorium endivia</i>	ASTERACEAE	Endive
Enebro	<i>Juniperus comunis</i>	CUPRESSACEAE	Juniper
Eneldo	<i>Anethum graveolens</i>	APIACEAE	Dill
Escarola	<i>Lactuca escariola</i>	ASTERACEAE	Prickly lettuce
Espárrago	<i>Asparagus officinalis</i>	LILIACEAE	Asparagus
Espinaca	<i>Spinacia oleracea</i>	CHENOPODIACEAE	Spinach
Estragón	<i>Artemisia dracunculus</i>	ASTERACEAE	Tarragon
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	MYRTACEAE	Eucalyptus
F			
Fenogreco	<i>Trigonella foenum-graecum</i>	FABACEAE	Fenugreek
Frambuesa	<i>Rubus idaeus</i>	ROSACEAE	Raspberry
Fresa	<i>Fragaria vesca</i>	ROSACEAE	Strawberry
Frijol caupí	<i>Vigna sinensis</i>	FABACEAE	Kidney bean
Frijol chino	<i>Vigna radiata</i>	FABACEAE	Green gram
Frijol de Lima	<i>Phaseolus lunatus</i>	FABACEAE	Lima bean
Frijol alado	<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>	FABACEAE	Winged bean
Fruta de pan	<i>Artocarpus altilis</i>	MORACEAE	Bread-fruit
G			
Gandul	<i>Cajanus cajan</i>	FABACEAE	Pigeon pea
Garbanzo	<i>Cicer arietinum</i>	FABACEAE	Chickpea
Girasol	<i>Helianthus annuus</i>	ASTERACEAE	Sunflower
Granada	<i>Punica granatum</i>	PUNICACEAE	Pomegranate
Grosella amarilla	<i>Ribes aureum</i>	ROSACEAE	Golden currant
Grosella negra	<i>Ribes nigrum</i>	ROSACEAE	Black currant
Grosella roja	<i>Ribes rubrum</i>	ROSACEAE	Red currant
Guanábana	<i>Annona muricata</i>	ANNONACEAE	Soursop
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	MYRTACEAE	Guava
Guayabita	<i>Pimenta officinalis</i>	MYRTACEAE	Allspice
Guayacán	<i>Guaiaacum officinale</i>	ZYGOPHYLLACEAE	Lignum vitae
Guisante	<i>Pisum sativum</i>	FABACEAE	Pea
H			
Haba	<i>Vicia faba</i>	FABACEAE	Broad bean
Haba blanca	<i>Canavalia ensiformis</i>	FABACEAE	Jack bean
Hicaco	<i>Chrysobalanus icaco</i>	CHRYSOBALANACEAE	Coco-plum
Higo	<i>Ficus carica</i>	MORACEAE	Fig
Hinojo	<i>Foeniculum vulgare</i>	APIACEAE	Fennel
J			
Japón	<i>Ervatamia coronaria</i>	APOCYNACEAE	Malabar

Jasmín	<i>Jasminum officinale</i>	OLEACEAE	Royal jasmine
Jenjibre	<i>Zingiber officinale</i>	ZINGIBERACEAE	Ginger
Jobo	<i>Spondias mombin</i>	ANACARDIACEAE	Yellow mombin
Jobo de la India	<i>Spondias dulcis</i>	ANACARDIACEAE	Jew-plum
L			
Lairén	<i>Calathea allouya</i>	MARANTACEAE	Laren
Laurel	<i>Laurus nobilis</i>	LAURACEAE	Bayleaf
Lechosa	<i>Carica papaya</i>	CARICACEAE	Pawpaw
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	ASTERACEAE	Lettuce
Lenteja	<i>Lens esculenta</i>	FABACEAE	Lentil
Lima	<i>Citrus aurantifolia</i>	RUTACEAE	Lime
Limón	<i>Citrus limon</i>	RUTACEAE	Lemon
Linaza	<i>Linum usitatissimum</i>	LINACEAE	Linseed
Lúpulo	<i>Humulus lupulus</i>	CANNABIDACEAE	Hops
LL			
Llantén	<i>Plantago major</i>	PLANTAGINACEAE	Ribwort
M			
Macis	<i>Myristica fragrans</i>	MYRISTICACEAE	Mace
Malojillo, citronela	<i>Cymbopogon citratus</i>	POACEAE	Lemon grass
Mamey	<i>Mammea americana</i>	CLUSIACEAE	Mammey apple
Mamón	<i>Melicocca bijuga</i>	SAPINDACEAE	Honey berry
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	RUTACEAE	Tangerine
Mango	<i>Mangifera indica</i>	ANACARDIACEAE	Mango
Maíz	<i>Zea mays</i>	POACEAE	Corn
Maní	<i>Arachis hypogaea</i>	FABACEAE	Peanut
Manzana	<i>Pyrus malus</i>	ROSACEAE	Apple
Manzanilla	<i>Matricaria chamomilla</i>	ASTERACEAE	Chamomile
Mejorana	<i>Marjorana hortensis</i>	LAMIACEAE	Sweet marjoran
Melón	<i>Cucumis melo</i>	CUCURBITACEAE	Cantaloupe
Melocotón	<i>Prunus persica</i>	ROSACEAE	Peach
Melisa, toronjil	<i>Melissa officinalis</i>	LAMIACEAE	Lemon balm
Membrillo	<i>Cydonia oblonga</i>	ROSACEAE	Quince
Menta	<i>Mentha spicata</i>	LAMIACEAE	Garden mint
Merey	<i>Anacardium occidentale</i>	ANACARDIACEAE	Cashew
Mirra	<i>Commiphora molmol</i>	BURSERACEAE	Myrrh
Mora	<i>Rubus bogotensis</i>	ROSACEAE	Blackberry
Moriche	<i>Mauritia flexuosa</i>	ARECACEAE	Moriche
Mostaza blanca	<i>Sinapsis alba</i>	BRASSICACEAE	Yellow mustard
Mostaza negra	<i>Brassica nigra</i>	BRASSICACEAE	Brown mustard
N			
Nabo	<i>Brassica campestris</i>	CRUCIFERAE	Turnip
Naranja	<i>Citrus aurantium</i>	RUTACEAE	Orange
Naranja china	<i>Fortunella margarita</i>	RUTACEAE	Kumquat
Níspero	<i>Manilkara zapota</i>	SAPOTACEAE	Naseberry
Noni	<i>Morinda citrifolia</i>	RUBIACEAE	Indian mulberry
Nuez	<i>Juglans regia</i>	JUGLANDACEAE	Walnut
Nuez moscada	<i>Myristica fragrans</i>	MYRTACEAE	Nutmeg
Nuez de Brasil	<i>Bertholletia excelsa</i>	LECYTHIDACEAE	Brazil nut
Ñ			
Ñame	<i>Dioscorea alata</i>	DIOSCOREACEAE	Yam
O			
Ocumo	<i>Xanthosoma sagittifolium</i>	ARACEAE	Cocoyam

Ocumo morado	<i>Xanthosoma violaceum</i>	ARACEAE	Yautia
Onoto	<i>Bixa orellana</i>	BIXACEAE	Annatto
Orégano	<i>Origanum vulgare</i>	LAMIACEAE	Origanum
P			
Palma africana	<i>Elaeis guineensis</i>	ARECACEAE	Oil palm
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	SOLANACEAE	Potato
Parcha	<i>Passiflora quadrangularis</i>	PASSIFLORACEAE	Giant granadilla
Parchita	<i>Passiflora ligularis</i>	PASSIFLORACEAE	Passion fruit
Patilla	<i>Citrullus vulgaris</i>	CUCURBITACEAE	Watermelon
Peonía	<i>Abrus precatorius</i>	FABACEAE	Indian liquorice
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>	CUCURBITACEAE	Cucumber
Pera	<i>Pyrus communis</i>	ROSACEAE	Pear
Perejil	<i>Petroselinum crispum</i>	APIACEAE	Parsley
Pesjua	<i>Syzygium cumini</i>	MYRTACEAE	Java plum
Pijigüao	<i>Bactris gasipaes</i>	AREACEAE	Peach palm
Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>	MUSACEAE	Plantain
Pimentón	<i>Capsicum spp.</i>	SOLANACEAE	Chili & pepper
Pimienta	<i>Piper nigrum</i>	PIPERACEAE	Black pepper
Piña	<i>Ananas comosus</i>	BROMELIACEAE	Ananas
Pistacho	<i>Pistacia vera</i>	PISTACIACEAE	Pistachio
Pomagás	<i>Syzygium malaccense</i>	MYRTACEAE	Malay apple
Pomarrosa	<i>Syzygium jambos</i>	MYRTACEAE	Rose-apple
Q			
Quinoa	<i>Chenopodium quinoa</i>	CHENOPODIACEAE	Quinoa
R			
Rábano	<i>Raphanus sativus</i>	BRASSICACEAE	Radish
Ramio	<i>Boehmeria nivea</i>	URTICACEAE	Ramie
Regaliz	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	FABACEAE	Licorice
Remolacha	<i>Beta vulgaris</i>	CHENOPODIACEAE	Beet
Repollo	<i>Brassica oleracea var. botrytis</i>	BRASSICACEAE	Cabbage
Repollo de Bruselas	<i>Brassica oleracea var. gemmifera</i>	BRASSICACEAE	Brussel sprouts
Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>	LAMIACEAE	Rosemary
Ruda	<i>Ruta graveolens</i>	RUTACEAE	Common rue
Ruibarbo	<i>Rheum rhaponticum</i>	POLYGONACEAE	Rhubarb
S			
Sagú	<i>Metroxylon sagu</i>	ARECACEAE	Sago
Salsifí	<i>Tragopogon porrifolius</i>	ASTERACEAE	Salsify
Salvia	<i>Salvia officinalis</i>	LAMIACEAE	Sage
Sauco	<i>Sambucus mexicana</i>	CAPRIFOLIACEAE	Elder
Seje	<i>Jessenia bataua</i>	ARECACEAE	Seje
Semeruco	<i>Malpighia puniceifolia</i>	MALPIGHIACEAE	West Indian cherry
Sorgo	<i>Sorghum vulgare</i>	POACEAE	Sorghum
Soya	<i>Glycine hispida</i>	FABACEAE	Soya bean
T			
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	CAESALPINIACEAE	Tamarind
Taro	<i>Colocasia esculenta</i>	ARECACEAE	Taro
Tártago	<i>Ricinus comunis</i>	EUPHORBIACEAE	Castor bean
Té	<i>Camellia sinensis</i>	THEACEAE	Tea
Tilo	<i>Tilia europea</i>	TILIACEAE	Linden
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	SOLANACEAE	Tomato
Tomate de árbol	<i>Cyphomandra betaceae</i>	SOLANACEAE	Tree tomato
Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>	LAMIACEAE	Thyme
Toronja	<i>Citrus paradisi</i>	RUTACEAE	Grapefruit

Trigo	<i>Fagopyrum esculentum</i>	POACEAE	Wheat
Tuna	<i>Opuntia vulgaris</i>	CACTACEAE	Prickly pear
U			
Uva	<i>Vitis vinifera</i>	VITACEAE	Grape
Uva de playa	<i>Coccoloba uvifera</i>	POLYGONACEAE	Seaside grape
V			
Vainitas	<i>Phaseolus spp.</i>	FABACEAE	String beans
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>	PORTULACACEAE	Purslane
Y			
Yagrumo	<i>Cecropia peltata</i>	CECROPIACEAE	Trumpet tree
Yerbabuena	<i>Mentha piperita</i>	LAMIACEAE	Peppermint
Yuca amarga	<i>Manihot esculenta</i>	EUPHORBIACEAE	Bitter cassava
Yuca dulce	<i>Manihot dulcis</i>	EUPHORBIACEAE	Sweet cassava
Yuquilla	<i>Maranta arundinaceae</i>	MARANTACEAE	Arrowroot
Z			
Zábila	<i>Aloe barbadensis</i>	LILIACEAE	Aloe
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	APIACEAE	Carrot
Zapote	<i>Pouteria sapota</i>	SAPOTACEAE	Sapodilla plum
Zarzaparrilla	<i>Smilax spp.</i>	SMILACACEAE	Sarsaparilla

5. Identificación de alimentos de origen animal

Productos Marinos y Dulceacuícolas

Español	Nombre científico	Inglés
Almeja	<i>Megapitaria aurantiaca</i>	Clam
Anchoa	<i>Engraulis mordax</i>	Anchovy
Anguila	<i>Anguilla rostrata</i>	Eel
Arenque	<i>Clupea harengus</i>	Herring
Atún	<i>Thunnus thynnus</i>	Tuna
Bacalao	<i>Gadus morhua</i>	Cod
Bagre	<i>Bagre bagre</i>	Goatfish
Barracuda	<i>Sphyræna barracuda</i>	Barracuda
Berberecho	<i>Cardium edule</i>	Cockle
Bonito	<i>Caranx ruber</i>	Bar jack
Botuto	<i>Strombus gigas</i>	Queen conch
Calamar	<i>Sepioteuthis sepioidea</i>	Squid
Camarón	<i>Penaeus occidentalis</i>	Shrimp
Cangrejo	<i>Mithrax spinosissimus</i>	Crab
Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>	Carp
Catalana	<i>Holocentrus rufus</i>	Squirrelfish
Coro coro	<i>Haemulon parra</i>	Grunt
Erizo	<i>Tripneustes ventricosus</i>	Sea urchin
Langosta	<i>Panulirus guttatus</i>	Lobster
Langostino	<i>Penaeus setiferus</i>	Prawn
Lenguado	<i>Paralichthys californicus</i>	Flounder
Lapa	<i>Agouti paca</i>	Lapa
Lisa	<i>Mugil curema</i>	Sea mullet
Loro	<i>Sparisoma viride</i>	Stoplight parrotfish
Lubina	<i>Morone labrax</i>	Sea bass
Lucio	<i>Esox lucius</i>	Pike
Macarela	<i>Decapterus</i>	Mackerel
Mejillón	<i>Mytilus edulis</i>	Mussel
Merluza	<i>Merluccius productus</i>	Hake
Mero	<i>Mycteroperca tigris</i>	Grouper
Morena	<i>Gymnothorax funebris</i>	Green moray
Ostra	<i>Ostrea edulis</i>	Oyster
Palometa	<i>Trachinotus goodei</i>	Palometa
Pargo	<i>Lutjanus mahogoni</i>	Snapper
Perca	<i>Perca flavescens</i>	Perch
Pulpo	<i>Octopus vulgaris</i>	Octopus
Raya	<i>Dasyatis americana</i>	Sting ray
Róbalo	<i>Centropomus poeyi</i>	Bass
Salmón	<i>Salmo salar</i>	Salmon
Sardina	<i>Sardinops sagax</i>	Sardine
Sepia	<i>Sepia officinalis</i>	Cuttlefish
Tilapia	<i>Tilapia mossambicus</i>	Tilapia
Torito	<i>Lactophrys polygonia</i>	Honeycomb cowfish
Trucha	<i>Salmo gairdneri</i>	Trout
Vieira	<i>Pecten caurinus</i>	Scallop

Aves, Anfibios, Mamíferos y Reptiles

Español	Nombre científico	Inglés
Avestruz	<i>Struthio camelus</i>	Ostrich
Baba	<i>Caiman crocodylus</i>	Cayman
Búfalo	<i>Bubalus bubalis</i>	Buffalo
Caballo	<i>Equus caballus</i>	Horse
Camello	<i>Camelus bactrianus</i>	Camel
Cabra	<i>Capra hircus</i>	Goat
Cerdo	<i>Sus scofra</i>	Pork
Codorniz	<i>Coturnix coturnix</i>	Quail
Conejo	<i>Oryctogalus cuniculus</i>	Rabbit
Cordero	<i>Ovis aries</i>	Lamb
Chigüire	<i>Hydrochaeris hydrochaeris</i>	Capibara
Faisán	<i>Phasianus colchicus</i>	Pheasant
Ganso	<i>Anser anser</i>	Goose
Jabalí	<i>Sus scrofa</i>	Wild boar
Liebre	<i>Lepus europaeus</i>	Hare
Ovino	<i>Ovis aries</i>	Lamb
Paloma	<i>Columba livia</i>	Pigeon
Pato	<i>Anas platyrhynchos</i>	Duck
Pavo	<i>Meleagris gallopavo</i>	Turkey
Pollo	<i>Gallus domesticus</i>	Chicken
Porcino	<i>Sus domesticus</i>	Pork
Rana	<i>Rana spp.</i>	Frog
Ternera	<i>Bos taurus</i>	Veal
Tortuga	<i>Chelonia midas</i>	Turtle
Vaca	<i>Bos taurus</i>	Cow
Venado	<i>Cerphus elaphus</i>	Venison

Los autores

Patricia Vit - Editora

Licenciada en Biología y MSc en Ciencia de los Alimentos por la Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela; PhD en Ciencias Biológicas por la Universidad de Wales, Cardiff, UK. Profesora Jubilada del Departamento Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de Los Andes (ULA), donde coordina el grupo de investigación Apiterapia y Bioactividad, adscrito al Departamento Ciencia de los Alimentos y avalado por el CDCHTA-ULA. Fue jefa de la cátedra Tecnología de los Alimentos y colaboró con las asignaturas Ciencia de los Alimentos y Metodología de la Investigación para estudiantes de la carrera de Farmacia. Miembro activo de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia (AsoVAC), International Honey Commission (IHC), Società Italo-Latinoamericana di Etnomedicina (SILAE, Italia), y de la Asociación de Escritores de Mérida-Venezuela (AEM), En 1988 inició el Museo Nacional de Apicultura “Ignacio Herrera”. Actualmente es Directora de la Ruta de Museos Vivientes de Abejas sin Aguijón en el Mundo, Rita-Meli <https://ruta-meli.cbsua.edu.ph>. Ha organizado diversos talleres sobre caracterización de miel de abejas, con invitados nacionales e internacionales. Ha participado en numerosos eventos científicos nacionales (142) e internacionales (185). Sus investigaciones sobre mieles de Apis, y Meliponini, polen, frutas, calidad proteica y ética han sido publicadas en revistas indexadas (128), de divulgación (55) y libros (40). Su Índice h es 34. Recibió Endeavour Awards Australia para estudiar actividad anticáncer de la miel en la USYD (2011) y fue investigadora Prometeo-UTMACH con el Proyecto “Valorización de mieles de pote producidas por Meliponini en Ecuador” (2014-2015). Es Miembro del Consejo Ejecutivo de la International Bee Research Association (IBRA) desde el año 2023. Recibió el Premio Mujeres en Ciencia, Ciencias de la Salud 2023, por la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN) de Caracas. Reconocimiento como Visitante Distinguido por el Concejo Autónomo Municipal de Atures, estado Amazonas, por la organización del Taller Internacional de Meliponicultura en Puerto Ayacucho, 2 al 5 de julio del 2024.

vitolivier@gmail.com

Fanny Quintero de Letterni

Farmacéutica de la Universidad de Los Andes (ULA), profesora emérita de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de Los Andes, jefe de cátedra, jefe de departamento, representante de Covenin, coordinadora de Laboratorio de Ingresos Propios, coordinadora de Decanato, coordinadora de Pasantías, coordinadora de Mención de Ciencia de los Alimentos, es representante de APULA en CAPROF.

Fannyql@hotmail.com

Isbelia González†

Farmacéutica de la Universidad de Los Andes, MSc en Biotecnología de los microorganismos en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes (ULA), profesora de pregrado de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de Los Andes, jefe de departamento Ciencia de los Alimentos, jefe de cátedra Ciencia de los Alimentos. Ha publicado 12 artículos en revistas indexadas y 2 en revistas arbitradas. Pertenece a la Asociación de Profesores de la Universidad de Los Andes y a la Sociedad Italo-Latinoamericana de Etnomedicina (SILAE, Italia). Ha sido acreditada en el Programa de Promoción al Investigador (PPI) del CONICIT. Nivel I. 2003-2013 y en varias ediciones PEI, ADG, SABER-ULA del Vicerrectorado Académico. Fue miembro del comité editorial de la revista de investigación de la Facultad de Farmacia (ULA).

gisbelia@yahoo.com

Bertha Coromoto Santiago Silva

Farmacéutica de la Universidad de Los Andes, Venezuela, especialista en Gerencia de Servicios Asistenciales en Salud, investigadora de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis, regente administradora de la Farmacia de la Cruz Roja de Mérida, regente administradora de la Farmacia Popular La Concordia del estado Barinas. Ha publicado artículos en revistas especializadas del área. Es miembro de la Red Venezolana de

de Laboratorios de Análisis de Alimentos (REVLAA), de AsoVAC, Mérida, del Grupo de Investigación de Apiterapia y Bioactividad de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis ULA, del Grupo de Investigación de Lombricultura de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis ULA y del Grupo de Investigación Fotoquímicas de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis ULA. Ha recibido reconocimientos de la Dirección de Relaciones Interinstitucionales de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de los Andes; de la Facultad de Farmacia de la ULA por 15 años del ejercicio farmacéutico; del Departamento de Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Farmacia de la ULA; de la II Promoción de Técnico Superior en Enfermería. Facultad de Medicina de la Universidad Central de Venezuela, extensión Barinas; honor al mérito del Colegio de Farmacéuticos de Mérida. Premio Programa Estímulo al Investigador (PEI). CDCHTA (Universidad de Los Andes) y Premio Programa Estímulo a la Innovación e Investigación (PEII) Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias y el Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

cate@ula.ve

Willian José Materano Aldana

Ingeniero agrícola de la Universidad de Los Andes, núcleo Rafael Rangel, MSc en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, doctor en Ciencias de la Educación, es profesor asociado a dedicación exclusiva en Bioquímica y profesor de posgrado y coordinador de la maestría de Desarrollo Regional, jefe del Departamento de Biología y Química. Ha publicado artículos en revistas de su área. Pertenece al Grupo de Fisiología de la Universidad de Los Andes mediante el programa Plan II; premio Programa Estímulo al Investigador (PEI), Programa del CONICIT. Sistema de promoción al investigador, PPI NIVEL II; Mérito del Beneficio Académico como profesor universitario CONABA; Oncti Programa de Estímulo a la Innovación e Investigación (PEII) nivel B.

Actualmente es Director de investigación del Núcleo Universitario “Rafael Rangel” de Trujillo y miembro de la comisión científica del CDCHTA-ULA.

materano@ula.ve

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Autoridades Universitarias

- *Rector*
Mario Bonucci
- *Vicerrectora Académica*
Patricia Rosenzweig Levy
- *Vicerrector Administrativo*
Manuel Aranguren Rincón
- *Secretario (E)*
Manuel Joaquín Morocoima

PUBLICACIONES
VICERRECTORADO
ACADÉMICO

Presidenta
Patricia Rosenzweig Levy
Coordinadora
Marysela C. Morillo Moreno

Consejo editorial
Patricia Rosenzweig Levy
María Teresa Celis
Jonás Arturo Montilva
Marysela C. Morillo Moreno
Joan Fernando Chipia L.
María Luisa Lazzaro
Alix Madrid
Francisco Grisolia
Marlene Bauste

Supervisora de procesos técnicos
Yelliza García

- Los trabajos publicados en la Colección Textos Universitarios han sido rigurosamente seleccionados y arbitrados por especialistas en las diferentes disciplinas.

COLECCIÓN
Textos Universitarios

Publicaciones
Vicerrectorado
Académico

Apuntes de Ciencia de los Alimentos

Segunda edición, 2024

© Universidad de Los Andes
Vicerrectorado Académico

© Patricia Vit
Editora

- *Corrección de texto*
Julio César Gonzalez
- *Concepto de colección*
Kataliñ Alava
- *Diseño y diagramación*
Jéssica López R.
- *Diseño de portada*
Patricia Vit

HECHO EL DEPÓSITO DE LEY
Depósito Legal:
ME2024000008
ISBN 978-980-11-2155-8

Prohibida la reproducción
total o parcial de esta obra
sin la autorización escrita
del autor y el editor

Universidad de Los Andes
Av. 3 Independencia
Edificio Central del Rectorado
Mérida, Venezuela
publicacionesva@ula.ve
publicacionesva@gmail.com
<http://www2.ula.ve/publicacione-sacademico>

Editado en la República
Bolivariana de Venezuela

COLECCIÓN

TEXTOS UNIVERSITARIOS

textos universitarios

Esta colección contempla la edición de textos académicos que sirvan de apoyo docente en las áreas del conocimiento existentes en la Universidad: Ciencias Humanísticas y Sociales, Ciencias Básicas, Tecnología y Ciencias de la Salud.

Entre los objetivos específicos de esta colección resaltan:

- Estimular la edición de libros al servicio de la docencia.
- Editar la obra científica de los profesores de nuestra Casa de Estudios.
- Publicar las investigaciones generadas en los centros e institutos de investigación.

Hasta ahora, un número considerable de textos universitarios ha sido publicado por miembros de nuestra planta profesoral, obras de las que –en la búsqueda del mejoramiento de la calidad de nuestra educación de pre y posgrado– se han beneficiado por igual estudiantes y docentes.

• El libro

Los *Apuntes de Ciencia de los Alimentos* son extractos ordenados de libros y revistas especializados donde cada tema se trata con más detalle. Fueron preparados para compartir una síntesis básica de este extenso cuerpo del conocimiento vinculado con la composición y la conservación de los principales grupos de alimentos para el consumo humano y ofrecer una guía de estudio. Los apéndices están orientados a proveer información de inglés técnico y las normas oficiales para control de calidad de alimentos.

El énfasis de esta obra es la integración académica de los criterios aplicados en la conservación de los alimentos, desde la claridad conceptual y la búsqueda de información, hasta los ejemplos ilustrados de tecnologías utilizadas en la transformación de los alimentos para extender la vida útil y aumentar su diversidad en la dieta. Es un texto de consulta útil para analistas, estudiantes, funcionarios, empresarios y profesores vinculados con el sector alimentario, diagramado con fines didácticos.

• Contenido

- I Parte - Componentes de los alimentos
- II Parte - Métodos de conservación de alimentos
- III Parte - Principales grupos de alimentos

