

# Principios de la preparación de alimentos

---

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA.  
COMISIÓN SECTORIAL DE ENSEÑANZA

---

Flavia Noguera  
Silvia Gigante  
(comp)



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



comisión sectorial  
de enseñanza





Flavia Noguera · Silvia Gigante  
Carolina Menoni · Ivanna Aude  
Débora Montero · Natalia Peña

# Principios de la preparación de alimentos



escuela de  
**NUTRICIÓN**  
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA



comisión sectorial  
de enseñanza



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

*Principios de la preparación de alimentos* / Flavia Noguera ... (et al). – Montevideo:  
Comisión Sectorial de Enseñanza, 2018.

127 p.

ISBN: 978-9974-0-1585-2

1. Tecnología de alimentos
2. Preparación de los alimentos

CDD 664.02

La publicación de este libro fue realizada con el apoyo de la Comisión Sectorial de Enseñanza (CSE) de la Universidad de la República.



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0, *Flavia Noguera, Silvia Gigante, Carolina Menoni, Ivanna Aude, Débora Montero, Natalia Peña, 2018*  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/>

Publicaciones-Comisión Sectorial de Enseñanza, Universidad de la República  
José Enrique Rodó 1854 C.P. 11200  
Montevideo, Uruguay  
Tel.: (+598) 24080912  
[www.cse.udelar.edu.uy](http://www.cse.udelar.edu.uy)  
[comunicacion@cse.udelar.edu.uy](mailto:comunicacion@cse.udelar.edu.uy)

Coordinación editorial: Beatriz Diconca  
Diseño de tapa: Gabriela Pérez Caviglia  
Diagramación: Levy Apolinar

# Índice

|   |     |
|---|-----|
| Prólogo.....  | 7   |
| 1. Calidad en la preparación de alimentos.....                | 9   |
| 2. Método de cocción. Transferencia de masa y energía.....    | 15  |
| 3. Conservación por frío.....                                 | 29  |
| 4. Sistemas dispersos.....                                    | 35  |
| 5. Lípidos.....   | 51  |
| 6. Leche.....   | 55  |
| 7. Carnes.....  | 61  |
| 8. Huevos.....  | 71  |
| 9. Hidratos de carbono: azúcares simples y almidón.....       | 81  |
| 10. Cereales y gluten.....                                    | 85  |
| 11. Frutas y hortalizas.....                                  | 91  |
| Ejercicios prácticos de autoevaluación.....                   | 97  |
| Tema: Método de cocción. Transferencia de masa y energía..... | 107 |
| Tema: Conservación por frío.....                              | 108 |
| Tema: Sistemas dispersos.....                                 | 109 |
| Tema: Lípidos.....  | 109 |
| Tema: Leche.....  | 110 |
| Tema: Carnes.....   | 110 |
| Tema: Huevos.....   | 111 |
| Tema: Hidratos de carbono. Azúcares simples y almidón.....    | 112 |
| Tema: Cereales y gluten.....                                  | 113 |
| Tema: Frutas y hortalizas.....                                | 113 |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| Respuestas..... | 106 |
| Glosario.....   | 111 |

# Prólogo

Esta publicación es el resultado de un proyecto de integración de prácticas de las asignaturas denominadas *Principios de la Preparación de Alimentos y Preparación Experimental de Alimentos*.

Si bien existe amplia bibliografía sobre los temas aquí abordados, las referencias disponibles no están centradas en las necesidades de los estudiantes de la Licenciatura en Nutrición para su futuro quehacer profesional.

Este manual integra una larga trayectoria departamental de experiencias prácticas que visualizan la modificación de la composición química cuando se aplican agentes químicos, físicos o biológicos a los alimentos, con la enseñanza de los procedimientos que aseguran el patrón de calidad previamente establecido.

Esta combinación permite también la inclusión de ejercicios de autoevaluación y sus respuestas, lo que resulta altamente motivador para el estudio y revisión de cada capítulo.

Esta experiencia de integración de aprendizajes es altamente valorada por los estudiantes y el equipo docente, lo que ha motivado a escribir esta publicación.

Prof.<sup>a</sup> Estela FERNÁNDEZ  
MSc. Lic. Nutrición  
Depto. de Alimentos  
Escuela de Nutrición  
Udelar



# 1. Calidad en la preparación de alimentos

El presente capítulo resume los distintos aspectos que hacen referencia a la calidad en la preparación de alimentos y a los controles que se deben llevar a cabo para lograr un producto con una calidad definida. La norma UNIT-ISO 9000:2005 define el concepto de *calidad* como «el grado en que un conjunto de características o rasgos diferenciadores inherentes, es decir, propios de los productos, les confieren la aptitud para satisfacer los requisitos, o sea, las necesidades o las expectativas establecidas, generalmente implícitas u obligatorias».

Cuando relacionamos el concepto de calidad con los alimentos es necesario tener presente un conjunto de atributos que se deben cumplir para satisfacer a los usuarios. Estos son la inocuidad, las cualidades sensoriales, la calidad nutricional, los aspectos tecnológicos y económicos y la presentación. El principal atributo es la inocuidad, es decir, que el alimento no cause enfermedad en el consumidor. Las cualidades sensoriales u organolépticas son el sabor, el color, el olor, el aspecto, la textura y la apariencia. Los aspectos nutricionales se refieren a la composición en nutrientes y energía que posee la preparación o alimento. Los aspectos tecnológicos hacen referencia a los procesos. Los aspectos económicos son el precio de venta, el costo de producción y la relación costo-beneficio. La presentación del producto puede referirse a aspectos prácticos, como por ejemplo la comodidad que presenta para abrir el paquete o la presentación en porciones del alimento, es decir, lo que le llega al usuario como producto.

Para definir la calidad del producto está implícito el acto de verificar la concordancia entre las características o parámetros reales de la preparación en cuestión y las establecidas en el prototipo, patrón o estándar. Es importante que estas características sean comprendidas por los profesionales y el personal implicado en la elaboración de alimentos para poder llegar al patrón establecido cuando se evalúa el resultado final.

Los procedimientos y prácticas que controlan las condiciones operacionales para lograr la inocuidad en un establecimiento de alimentos se basan en las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), en los Procedimientos Operativos Estandarizados de Limpieza y Desinfección, o Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES, o SSOP según su sigla en inglés), y en el Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (en inglés *Hazard Analysis and Critical Control Points* o HACCP). Para la implementación de un sistema HACCP es fundamental contar previamente con un programa de prerrequisitos.

Se entiende por *programa de prerrequisitos* a «las condiciones y actividades básicas necesarias para mantener durante toda la cadena alimentaria un entorno higiénico apropiado para la producción, manipulación y puesta a disposición de productos acabados seguros y alimentos seguros para el consumo humano» (ISO 22000). Los programas de prerrequisitos están descritos en los Principios Generales de Higiene Alimentaria del Codex Alimentarius. Estos son:

- Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).
- Programa de Limpieza y Desinfección (L+D).
- Programa de Control de Agua Potable.
- Programa de Control de Plagas y Otros Animales Indeseables.
- Plan de Formación y Capacitación del Personal.

- Programa de Control de Proveedores.
- Programa de Trazabilidad.
- Programa de Control de Residuos Sólidos y Residuos Líquidos.
- Plan de Mantenimiento de Locales, Instalaciones y Equipos.
- Plan de Muestreo.
- Programa de Calibración de Equipos e Instrumentos.

Con el Plan de Prerrequisitos se busca reducir los peligros que se puedan originar en cada etapa del proceso de producción y, por lo tanto, canalizar mejor los recursos tecnológicos, humanos y financieros. Es imprescindible el compromiso gerencial y del personal en su conjunto para lograr los objetivos de inocuidad. Contar con este plan implica tener un protocolo estandarizado para cada actividad, estandarizar procesos, determinar controles en cada etapa y prever acciones correctivas en casos de desvío. Además, supone algunas ventajas como crear una cultura de calidad dentro de la organización y brindar confianza al consumidor.

## Algunas definiciones

1. ¿Qué son las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)?  
Son los procedimientos necesarios para lograr alimentos inocuos, saludables y sanos (Resolución MERCOSUR/GMC/RES N.º 80/96). Son un conjunto de principios y recomendaciones técnicas que se aplican en el procesamiento de alimentos para garantizar su inocuidad y su aptitud, y para evitar su adulteración. También se las conoce como Buenas Prácticas de Elaboración (BPE) o Buenas Prácticas de Fabricación (BPF).
2. ¿Qué son los Procedimientos Operativos Estandarizados de Limpieza y Desinfección o Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES)?  
Son procedimientos operativos estandarizados que describen tareas de limpieza y desinfección de equipos, superficies, instrumentos, utensilios, etc., que están en contacto con los alimentos. Los POES describen las tareas de saneamiento para ser aplicados antes, durante y después del proceso de elaboración.
3. ¿Qué es el Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP)?  
Es un sistema que permite identificar, evaluar y controlar peligros significativos para la inocuidad de los alimentos (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).
4. ¿Qué es el control de la calidad en la preparación de alimentos?  
Es una herramienta que permite planear, hacer, verificar y actuar para estandarizar los procesos y permitir la mejora continua de acuerdo con parámetros establecidos. La normativa ISO 9000:2000 define el concepto de *control de calidad* como el grado en el que un conjunto de características inherentes cumplen con las necesidades o expectativas establecidas que pueden ser implícitas dentro de un proceso. Es

de obligatorio cumplimiento con el fin de proteger al consumidor y garantizar que todos los alimentos, durante su producción, manipulación, almacenamiento, elaboración y distribución, sean inocuos para el consumo humano. El control también refiere a un sistema de análisis de los parámetros químicos y físicos de las preparaciones de manera que a partir de la toma de una muestra se pueda evaluar la calidad de este. El control también refiere a un sistema de análisis de los parámetros químicos y físicos de las preparaciones de manera que a partir de la toma de una muestra se puede evaluar la calidad de estas.

## Circuito de los alimentos en el sector producción

RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA  
ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA Y CONSERVACIÓN  
PREPARACIÓN DE MATERIA PRIMA

|  |  |
|--|--|
| ELABORACIÓN<br>EN FRÍO<br>MANTENIMIENTO<br>EN FRÍO | ELABORACIÓN<br>EN CALIENTE<br>MANTENIMIENTO<br>EN CALIENTE |
|--|--|

RECALENTAMIENTO  
DISTRIBUCIÓN/SERVICIO

Recepción → Almacenamiento → Elaboración → Distribución y Servicio

### Etapa de recepción

Verificar la entrada (calidad, cantidad) de los alimentos.

**Instrumentos:** planilla de pedidos o compras a proveedores, manual de especificaciones de alimentos.

Las especificaciones de los alimentos son descripciones detalladas de sus características. Estas descripciones contemplan: denominación del alimento y tratamiento tecnológico particular, características sensoriales (textura, color, sabor, olor), tamaño en relación al producto a elaborar, estado sanitario (según el *Reglamento Bromatológico Nacional*, 1994, u otra normativa vigente), defecto crítico, vida útil, temperatura de recepción (cuando lo requiere), envase o embalaje, forma de presentación y otros a consideración de la organización.

Nota:

1. El tamaño se refiere a la unidad de compra; o sea, la medida o el tamaño del alimento que se va a comprar.
2. Cuando se menciona el tamaño en relación al uso se refiere a la preparación a la que se va a destinar ese alimento: por ejemplo, si se va a elaborar zapallitos rellenos, es

fundamental el tamaño para que haya una relación entre la cantidad de la porción y la cualidad sensorial. Si se va a elaborar torta de zapallitos, lo importante es la cantidad y la frescura, y no la forma del alimento.

3. La forma de presentación hace referencia a la cantidad por envase.

### **Ejemplo.**

Especificaciones de cebolla: 100-150 g por unidad; variedad: blanca o colorada; cabeza firme, sana; envoltura seca, limpia; libre de brotes, cortaduras o rajaduras; forma de presentación: bolsas de 10 k.

Contar con especificaciones supone algunas ventajas para el servicio que las tiene confeccionadas. Algunas de estas ventajas son: contar con criterios estandarizados sobre los alimentos, establecer una unidad de compra, poder seleccionar la materia prima en relación al producto a elaborar, mejorar la eficiencia y dar a conocer al proveedor las características de los alimentos que se quieren adquirir.

## **Etapas de almacenamiento**

1. Medir y registrar la temperatura y la humedad ambiente de las áreas de almacenamiento: registro de la temperatura de la/s cámara/s, registro de temperatura de los alimentos.
2. Usar el método de rotación de alimentos. Por ejemplo: primero en entrar, primero en salir (PEPS) (en inglés *first in, first out* o FIFO). Revisar las fechas de vencimiento de los productos regularmente, rotular los empaques con fecha de ingreso y de salida del producto del área de almacenamiento.
3. Tener separadas las áreas diferentes: alimentos crudos y cocidos; alimentos y productos de limpieza. «Proteger los alimentos y los ingredientes para alimentos de la contaminación de plagas o de contaminantes químicos, físicos o microbiológicos, [...] durante la manipulación, el almacenamiento y el transporte» (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).
4. Acción correctiva: implementar una acción correctiva para usar en caso de desvíos.

## **Etapas de elaboración**

En esta etapa se contará con instrumentos metrológicos (que permiten cuantificar), normativos y tecnológicos.

Controles: aplicar técnicas de pesar y medir alimentos, verificar cantidades y procesos de elaboración con ficha técnica de la preparación o receta (en caso de no contar con una ficha técnica), buenas prácticas de manufactura, registro de temperaturas de cocción, refrigeración y congelación, y registro de puntos de control de calidad.

La Comisión del *Codex Alimentarius* (2009: 26) define *punto crítico de control* (PCC) como la «fase en la que puede aplicarse un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable».

Para poder definir un PCC existe una serie de pasos que permite identificarlo.

En esta etapa de elaboración, siguiendo este razonamiento, se pueden identificar como punto de control las operaciones de desinfección y cocción, puesto que son operaciones en donde se puede aplicar una medida de control para prevenir un desvío que pueda afectar la calidad nutricional, sensorial y microbiológica.

Para cada PCC está definido también el límite crítico (ver definición en el glosario). Un límite crítico es un valor máximo o mínimo al que un parámetro biológico, químico o físico debe controlarse en un PCC para prevenir, eliminar o reducir hasta un nivel aceptable la aparición de un peligro para la inocuidad alimentaria. En algunos casos se puede fijar más de un límite crítico. Pueden basarse en regulaciones legislativas, referencias bibliográficas, resultados experimentales o consultas con expertos. Deben determinarse científicamente. Los límites críticos deberán ser mensurables (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009: 31).

Pueden ser:

- temperatura y tiempo;
- actividad de agua;
- humedad;
- pH;
- concentración de sales nitrificantes, y
- parámetros sensoriales como el aspecto y la textura.

#### **Ejemplo:**

Punto de control microbiológico: desinfección. Límite crítico: concentración/tiempo. Por ejemplo: 1 cta (5 ml) hipoclorito/litro agua (solución 40 gCl libre) durante 20 minutos.

Punto de control microbiológico: cocción. Límite crítico: tiempo y temperatura determinada.

Parámetro sensorial: huevo coagulado. Para el control de cocción de una preparación, por ejemplo, una tortilla de vegetales.

## **Etapas de distribución**

1. Verificar la porción de referencia (peso, tamaño, valor nutricional).
2. Verificar la temperatura (en caso de ser necesario).

¿Cómo llegar a un estándar de porción de referencia?

Cumpliendo los requisitos de las especificaciones de alimentos y los procedimientos estandarizados.

1. Etapa de servicio Verificar que la porción de referencia llegue al usuario con la calidad esperada.
2. Registrar la aceptación o el rechazo.

La conservación desde el final de elaboración hasta el servicio del producto requiere controlar la relación tiempo y temperatura para mantener el grado de calidad sensorial y microbiológica *determinado*. Se nombran algunos ejemplos a continuación:

- Comida caliente > 60°C, máx. 2 h.
- Comida fría < 10°C, hasta 4 h.
- Entre 10 y 21°C, 2 h.

Se mencionan a continuación algunos criterios para el mantenimiento de los alimentos fuera de la zona de peligro de temperatura y recalentamiento de preparaciones.

### **Mantenimiento de los alimentos fuera de la zona de peligro de temperatura**

El período entre que inicia y finaliza la elaboración de alimentos no debe ser superior a 4 horas.

- Mantener en el refrigerador o cámara las materias primas hasta su uso.
- Mantener los equipos de refrigeración en funcionamiento continuo.
- Controlar temperatura: usar termómetros.
- Cocinar los alimentos lo más próximo al momento del servicio o almacenarlos adecuadamente.
- Mantener los alimentos elaborados de consumo caliente a temperaturas de 60°C o superior durante la distribución y el servicio.

### **Recalentamiento de preparaciones**

- Recalentar los alimentos o preparaciones una sola vez.
- Recalentar hasta alcanzar temperaturas internas de entre 65 y 70°C en todas las partes de la preparación en menos de 1 hora (OMS).
- No mezclar alimentos recalentados con alimentos frescos o recién elaborados.

## **Bibliografía**

- COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS: *Codex Alimentarius. Higiene de los alimentos. Textos básicos*, 4.<sup>a</sup> ed., Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Organización Mundial de la Salud (OMS), 2009.
- GIL, Á.: *Tratado de nutrición*, t. II «Composición y calidad nutritiva de los alimentos», 2.<sup>a</sup> ed., Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2010.
- MEDÍN, R. y S. MEDÍN: *Alimentos: Introducción, técnica y seguridad*, 2.<sup>a</sup> ed., Ediciones Turísticas de Mario Banchik, 2003.
- Reglamento Bromatológico Nacional. Decreto 315/994*. Montevideo: IMPO, 1994. TABLADO, C. F. y J. F. GALLEGOS: «Capítulo 8: Almacenamiento de mercancías», en *Manual de higiene y seguridad alimentaria en hostelería*, Madrid: Thomson Paraninfo, 2004, 277-293.

### **LECTURAS RECOMENDADAS**

- Código Internacional de Prácticas Recomendado. Principios Generales de Higiene de los Alimentos*, CAC/RCP 1-1969, Rev. 4, 2003.
- COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS: *Codex Alimentarius. Higiene de los alimentos. Textos básicos*, 4.<sup>a</sup> ed., Roma: FAO y OMS, 2009.
- FAO Y MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO DE ESPAÑA (SERVICIO DE CALIDAD DE LOS ALIMENTOS Y NORMAS ALIMENTARIAS, DIRECCIÓN DE ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN): *Sistemas de calidad e inocuidad de los alimentos: Manual de capacitación sobre higiene de los alimentos y sobre el sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC)*, Roma: FAO, 2002.

## 2. Método de cocción.

### Transferencia de masa y energía

«La cocción es considerada como aquella operación capaz de transformar de modo físico y/o químico el aspecto, la textura, la composición y el valor nutritivo de un alimento mediante la acción del calor» (Bello Gutiérrez, 1998). Su objetivo es convertir un alimento en algo más digerible, apetecible y sanitariamente seguro.

La cocción implica transferencia de calor y masa, lo que provoca reacciones físicas, químicas y biológicas con consecuencias en las propiedades nutricionales, sensoriales y microbiológicas de los alimentos. Conocer lo que les sucede a los alimentos durante su preparación permite optimizar los resultados.

Al optimizar los métodos de cocción se logra:

- simplificar los controles;
- aumentar la vida útil del medio de cocción (por ejemplo, aceite de freír);
- disminuir los recursos;
- disminuir los rechazos del producto obtenido, al uniformizar su elaboración;
- facilitar el mantenimiento del equipo, y
- conservar energía.

### Transferencia de calor

En física, es el proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura. La intensidad de calor, o sea, el grado en que la energía mueve las moléculas, se mide en grados por medio de un termómetro (generalmente se usan dos escalas: Celsius y Fahrenheit).

El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción. Aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, ocurre que uno de los mecanismos predomina sobre los otros dos.

### Mecanismos de transferencia de calor: convección, conducción y radiación

**Convección:** es una forma de transmisión de calor que se usa para gases y líquidos (fluidos).

La energía es transmitida por el movimiento de las moléculas que, al calentarse, se dilatan, por lo que son menos densas y se elevan; cuando la temperatura disminuye estas descienden y nuevamente aumenta su temperatura en contacto con la unidad de calor. Este proceso se repite continuamente generando corrientes (de convección).

La convección puede ser espontánea o natural, como en la cocción de alimentos, o forzada, por ventiladores o bombas (estufas, calefacción o por agua caliente).

Cada vez que un alimento se cocina rodeado de agua, aire o grasa es calentado por convección.

Factores que determinan la transferencia de calor por convección:

Resistencia causada por la capa limitante (capa de fluido que se encuentra en contacto con la superficie del alimento). En esta zona se constata la mayor resistencia a la transferencia de calor por convección entre el fluido y el sólido.

Tipo de fluido (agua, aceite, grasas). Cuanto más viscoso, más lenta es la transferencia de calor.

Es un método de transferencia de calor más rápido que la conducción sola, pero más lento que la radiación.

**Conducción:** es el pasaje de energía de una zona de mayor temperatura a otra de menor temperatura, sin desplazamiento de materia.

Los mejores conductores son los sólidos. Se da muy poco en los líquidos, y en los gases prácticamente no existe.

Cuando se calienta la superficie de un alimento (por conducción, convección o radiación), el calor se transmite hacia las partes más frías, por conducción.

No se comprende en su totalidad el mecanismo exacto de la conducción de calor en los sólidos, pero se cree que se debe, en parte, al movimiento de los electrones libres que transportan energía cuando existe una diferencia de temperatura.

El método de conducción, con respecto a los demás, es el más lento para transmitir el calor (ya que se da de molécula a molécula), aunque hay materiales que son muy buenos conductores, como los metales.

Los materiales como el oro, la plata o el cobre tienen conductividad térmica elevada y conducen bien el calor, mientras que los materiales como el vidrio o el amianto (con pocos electrones libres) tienen conductividad cientos e incluso miles de veces menores, conducen muy mal el calor y se conocen como aislantes.

Los sólidos y líquidos no metálicos —los alimentos— son malos conductores del calor; la existencia de electrones ocupados dificulta la conducción.

En los alimentos esta propiedad está fuertemente influenciada por su contenido de humedad y la estructura celular de los alimentos que la tienen (los efectos de la temperatura y la presión son poco pronunciados). Solo el agua inmovilizada en la matriz del alimento se comporta como un sólido, de aquí que sean malos conductores de calor y la transferencia de energía por este método sea lenta. Por esta misma razón los alimentos congelados son mejores conductores que los alimentos frescos.

Factores que determinan la transferencia de calor por conducción:

- superficies en contacto;
- conductividad térmica del sistema (temperatura de la superficie caliente);
- grosor del alimento.

**Radiación:** esta tercera forma de transmitir el calor no tiene necesidad de materia: se trata de ondas electromagnéticas (no ionizantes) portadoras de energía que atraviesan el aire.

La radiación presenta una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección: las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separadas por un vacío.

La radiación es un método rápido de transferencia de calor, puesto que viaja a la velocidad de la luz.

La transferencia es en línea recta, pero se desplaza en forma de abanico desde la fuente, por lo que cuanto más alejado se encuentre un objeto de la fuente, menor cantidad de rayos recibe y menos se calienta.

Las superficies pueden absorber o reflejar la radiación incidente.

Generalmente, las superficies mates y rugosas absorben más calor que las superficies brillantes y pulidas. Además, las sustancias que absorben mucha radiación también son buenas emisoras y las superficies brillantes reflejan más energía radiante que las superficies mates; las que reflejan mucha radiación y absorben poco son malas emisoras.

Factores que determinan la transferencia de calor por radiación:

- capacidad de emisión y temperatura del foco radiante;
- distancia entre la fuente y la superficie del alimento.

## Transferencia de calor durante la cocción

La velocidad con que se transfiere el calor durante la cocción depende tanto de las características del alimento como de las del medio de cocción.

Para estudiar el mecanismo se pueden diferenciar tres etapas:

1. transferencia del medio de cocción a la superficie del alimento;
2. conducción del calor de la superficie del alimento al centro;
3. transferencia de calor tras retirar el alimento del medio de cocción.

A fin de obtener los resultados deseables, se deben considerar las variables que actúan en cada una de estas etapas.

1. La cantidad de calor que el alimento recibe depende del método de cocción, en función de:
  - a. El método de transferencia predominante: en los métodos de cocción convencionales predomina uno de los tres métodos citados (aun cuando todos se pueden producir simultáneamente). La transferencia puede ser directa, como lo es la radiación en el asado a la parrilla, o indirecta, por ejemplo, al hornear la fuente calienta el aire que, por convección, transmite la energía al alimento.
  - b. Las características del medio calefactor (aire, agua, aceite o un sólido), fundamentalmente su calor específico, conductividad térmica y sus propiedades en la capa límite. El aire es peor conductor que el agua.
2. La velocidad con que la energía se transfiere en el interior del alimento está determinada por sus características químicas y propiedades físicas. En los alimentos asimilables a sólidos el método de transferencia de energía siempre es la conducción, un mecanismo lento (los alimentos son malos conductores del calor). Las propiedades de los alimentos que determinan estas características son:

- el calor específico (depende de la composición del alimento);
- la conductividad térmica (con relación al contenido de humedad del alimento).

Las características físicas del alimento que afectan estas propiedades y, por ende, la velocidad de la transferencia de energía durante la cocción son:

- su densidad;
- su temperatura superficial y evaporación superficial;
- su espesor (distancia entre la superficie y el centro) y forma;
- su estructura (fibras);
- su composición: por ejemplo, la grasa actúa como aislante, haciendo que el aumento inicial de temperatura sea más lento, pero, tras fusionarse, el aumento hacia el interior del alimento será a mayor velocidad.

3. La transferencia de calor tras la cocción. Cuando se retira un alimento del medio de cocción la transferencia de calor continúa —de la superficie al interior del alimento— hasta que se enfría o se equipara con la temperatura ambiente.

El calor continúa penetrando durante 15 a 45 minutos o más, dependiendo de:

- la temperatura del medio de cocción (mayor temperatura, mayor incremento);
- la temperatura interna del alimento (menor temperatura interna, mayor incremento posterior, debido a la mayor diferencia de temperatura entre la superficie y el interior);
- el tamaño de la pieza (pequeños trozos incrementarán poco o nada su temperatura interna tras la cocción, porque se enfrían más rápido y equiparan su temperatura a la temperatura ambiente), y
- la composición del alimento (afecta más la duración de la transferencia que su magnitud).

El **agua** desempeña diferentes roles en la transferencia de calor hacia el alimento.

El **agua en la superficie** quita la energía térmica del medio que rodea al alimento, lo que evita que se queme o carbonice por excesiva deshidratación.

La conversión del agua de líquido en vapor, a medida que sale del alimento, consume la mayor parte de la energía del medio en contacto con este (aun cuando la temperatura del medio sea de 180°C en el alimento la temperatura será de 100°C); o sea que mientras el alimento tenga agua no se quemará.

Por su parte, el **agua en el interior del alimento** también conduce la energía calórica desde las superficies en contacto con el medio calefactor hacia el interior del alimento (el agua es mejor conductor del calor que las grasas, proteínas y glúcidos), permitiendo que también se cocine.

## Transferencia de masa

La transferencia de masa es del alimento al medio de cocción y viceversa. El mecanismo primario dentro del alimento es la difusión, regida por fuerzas impulsoras y fuerzas resistentes, en una y otra dirección. Se entiende por *difusión* la dispersión de un material en sus alrededores.

Actúan como fuerzas impulsoras los gradientes de concentración o presiones parciales. Las fuerzas que se oponen a la difusión dependen de:

- las características del alimento, y
- la interacción entre el medio calefactor y el alimento (características de la capa límite).

En la superficie del alimento el material difundido se pierde por goteo, difusión o vaporización. Las pérdidas que se deben a uno u otro de estos dos últimos mecanismos son difíciles de distinguir entre sí, pues el agua que llega a la superficie rápidamente se vaporiza.

| Constituyentes transferidos       | Mecanismos                              |
|-----------------------------------|---|
| agua y componentes hidrosolubles  | deshidratación, solubilización, ósmosis |
| lípidos y compuestos liposolubles | goteo, absorción                        |

El constituyente transferido en mayor proporción es el agua. Junto al agua se transfieren nutrientes hidrosolubles, pigmentos, compuestos de aroma y sabor.

Cuando un alimento gana masa durante su cocción —los almidones al gelificar, el aceite al freír— el mecanismo también es la difusión.

## Efectos generales de la cocción por la transferencia simultánea de masa y energía

### 1. Calidad sensorial

La cocción, al modificar la estructura química de los constituyentes de los alimentos, también provoca cambios de sus propiedades físico-químicas con consecuencias en su aspecto, consistencia, sabor, color y rendimiento.

#### a. Aspecto (color, volumen, forma)

Color: depende de la naturaleza del alimento (animal o vegetal), la composición química y el sistema de cocción aplicado.

De todas ellas cabe destacar:

- los cambios en la absorción de la luz; por ejemplo, en estructuras como los antocianos (pigmentos azul-rojo), que se vuelven más rojos en un medio con pH ácido y más púrpura o violeta en un medio básico; o en las flavonas (pigmentos amarillos), que se vuelven más claras en medio ácido;
- la caramelización de azúcares mono- y disacáridos presentes;
- el pardeamiento de estructuras proteicas que han coagulado como consecuencia de una desnaturalización; por ejemplo, en cocciones a la parrilla o en grasa hay pardeamientos como consecuencia de las altas temperaturas alcanzadas (reacción de Maillard, caramelización, dextrinización), que producen un color y un aroma característicos, y

- la modificación de pigmentos (carnes, vegetales)

Volumen/peso: en agua o lípidos puede disminuir por deshidratación superficial o goteo, o aumentar por rehidratación, por ejemplo, en los cereales.

b. Consistencia o textura

La modificación por el calor de la consistencia de un alimento se encuentra vinculada a fenómenos muy diversos, debidos principalmente a los efectos sobre las proteínas y los polisacáridos:

- coagulación de proteínas desnaturalizadas, con consiguiente endurecimiento (proporcional a la cocción y la naturaleza del alimento);
- gelatinización del almidón, que conlleva a un espesamiento de la fase líquida por aumento de la viscosidad;
- dextrinización, como la que se produce en el almidón cuando se calienta en medio seco y que, al caramelizar, se endurece y se vuelve crujiente.
- reblandecimiento de la celulosa, como ocurre durante la cocción de leguminosas.

c. Desarrollo de sabores y olores

Según la técnica se pueden concentrar o disolver. El calor volatiliza compuestos del olor, aroma y sabor de los alimentos, a la vez que desarrolla otros, producto de la degradación de proteínas, lípidos, en interacciones entre ellos.

La ciencia de cocinar consiste en conseguir promover los cambios deseables y reducir los indeseables.

## 2. Calidad nutricional

El objetivo primordial es mejorarla, lo que, sin embargo, no siempre ocurre.

a. **Digestibilidad**: puede mejorar, como con la gelatinización del almidón y la desnaturalización de las proteínas, o disminuir, como con las costras de tostación por sobrecalentamiento de proteínas.

b. **Valor calórico**: puede aumentar o disminuir dependiendo del método.

**Biodisponibilidad de nutrientes**: aumenta al eliminar sustancias antinutrientes; por ejemplo, antitripsina de leguminosas, complejo avidina-biotina, destrucción de solanina (neurotoxina en papas). Disminuye al formarse compuestos biológicamente no activos (productos de la reacción de Maillard).

| Método de cocción     | Temperatura del medio de cocción | Vía    | Medio  | Equipo                | Transferencia de energía |
|-----------------------|----------------------------------|--------|--|-----------------------|--------------------------|
| Horno                 | 120 a 300°C                      | seca   | aire   | horno                 | convección               |
| Parrilla              | 180°C y más                      | seca   |  | parrilla              | radiación                |
| Plancha               | Hasta 1100°C                     | seca   |  | plancha               | conducción               |
| Fritura por inmersión | 135 a 200°C                      | seca   | aceite   | freidora              | convección               |
| Salteado              | 135 a 150°C                      | seca   | aceite   | sartén                | conducción               |
| Baño maría            | 90 a 95°C                        | seca   |  |                       | conducción               |
| Ebullición            | 100°C                            | húmeda | agua   | olla                  | convección               |
| Vapor a 1 atm         | 100°C                            | húmeda | vapor de agua                                    | vaporera              | convección               |
| Vapor a 2 atm         | 115 a 121°C                      | húmeda | agua   | olla a presión        | convección               |
| Rehogar               | 100°C                            | mixta  | agua de los vegetales o agregado (p. ej.: caldo) | olla, sartén profunda | conducción y convección  |

## Métodos de cocción

### Tratamiento térmico convencional (vías seca, húmeda y mixta) y no convencional

La elección de un método de cocción u otro dependerá fundamentalmente de las características del alimento: tamaño, forma, si es magro o graso, etcétera, y de los resultados que se deseen conseguir en relación a la textura, el color, el aroma, entre otros.

#### Tratamiento térmico convencional

A los efectos de clasificar los diferentes tipos de cocción, se pueden agrupar de acuerdo al medio o vía de cocción que se utiliza:

- vía seca;
- vía húmeda, y
- vía mixta.

## Vía seca o método de cocción con calor seco

Se consideran métodos de cocción con calor seco aquellos en los que el alimento no está en contacto con agua. Por esa razón, estos se caracterizan por el uso de temperaturas más elevadas en relación con la vía húmeda.

Los medios de cocción pueden ser un medio gaseoso (aire) o un medio líquido (grasa fundida o aceite).

Desde el punto de vista sensorial se producen modificaciones en el color, el sabor y el aroma de los alimentos debido a su deshidratación.

La deshidratación genera además reducción del volumen, produce cambios en la textura, concentra compuestos responsables del sabor, modifica pigmentos, entre otros.

Los métodos de cocción con calor seco son:

### 1. Horno

El medio de transferencia de calor es el aire, cuya temperatura varía de 50 a 300°C, dependiendo del horno.

La fuente principal de calor se encuentra en la parte inferior. El calor se transmite por convección (aire caliente), por conducción (parrilla, recipiente) y por radiación, desde la llama de gas o resistencia eléctrica.

Las corrientes de convección tienden a uniformizar la temperatura del horno, por lo que el calentamiento es más uniforme en el centro geométrico de este.

#### *Temperaturas de cocción en horno*

Baja: 120°C

Moderada: 180°C

Alta: 200-230°C

Muy alta: 250-300°C

### 2. Parrilla

En estos métodos de cocción por calor seco la transferencia de calor es a través del aire libre que rodea al alimento y por la radiación directa desde la fuente de calor, que puede ser llama de gas, carbón o leña.

### 3. Grill

La fuente de calor se encuentra en la parte superior, desde donde se emite la radiación, lo que produce un dorado rápido del alimento. Como el efecto es fundamentalmente superficial, los alimentos deberán ser dados vuelta para dorar ambas superficies.

### 4. Espiedo

La cocción se realiza con una rotación lenta sobre un eje (espiedo). El calor que llega al alimento en este caso proviene del aire caliente que rodea la pieza de alimento y el eje caliente.

### 5. Plancha

La cocción se realiza sobre una plancha de metal caliente. El calor de la plancha, que asciende a valores muy altos (1100°C), alcanza el alimento por conducción.

## 6. Fritura por inmersión

La cocción se produce en un medio graso líquido cuya temperatura es de 135 a 200°C. La cocción se efectúa por convección, en la parte externa del alimento, y por conducción, en el interior.

### *Temperaturas de cocción por fritura por inmersión*

Baja: 135-140°C

Alta: 155-160°C

Muy alta: 180-200°C

## 7. Salteado

Es un método de cocción por vía seca en mínima cantidad de elemento graso.

## 8. Baño maría

En esta técnica se usan dos recipientes; en el recipiente inferior, de mayor diámetro, se coloca el agua (que está en contacto con la fuente de calor) y en el recipiente superior, de menor diámetro, el alimento.

El agua del recipiente inferior se calienta sobre una unidad superficial de calor y transmite el calor al recipiente superior. La fuente calórica no actúa directamente sobre el alimento, sino sobre el recipiente inferior que contiene agua; por lo tanto, la temperatura del recipiente superior no alcanza los 100°C.

## 9. Cocción al vacío

Las materias primas se mezclan con condimentos aromáticos y se introducen en bolsas especiales. Una vez que se hace vacío, se cierran de forma hermética y reciben tratamiento de pasteurización o esterilización en autoclaves. Se someten a tratamiento térmico a cocción por debajo de los 100°C y posteriormente requieren un enfriamiento rápido hasta 1-3°C en menos de 90 minutos.

El desarrollo de color resulta mínimo, por eso se recomienda un proceso previo, como la parrilla en el caso de las carnes o el escaldado en los vegetales.

Los alimentos pueden permanecer refrigerados entre 6 y 21 días a temperaturas por debajo de los 3°C.

La regeneración o acondicionamiento puede ser a baño maría, con horno, vapor o microondas (la temperatura interna del alimento debe llegar los 65°C).

Ventajas:

- Preserva las cualidades nutricionales, higiénicas y organolépticas.
- Reduce las pérdidas en peso, al evitar la deshidratación y la evaporación.
- Prolonga el tiempo de conservación, y simplifica y aligera el servicio.

Desventajas:

- El vacío puede establecer el desarrollo de bacterias anaeróbicas peligrosas como las *Clostridium*.

## Vía húmeda o método de cocción con calor húmedo

Se consideran métodos de cocción con calor húmedo aquellos en los que el alimento está en contacto con agua o vapor de agua.

Los medios de cocción pueden ser un medio líquido (agua caliente, caldo, leche) o vapor de agua.

### 1. Punto de hervor o fuego lento

Este procedimiento implica la cocción de los alimentos en agua caliente, que se mantiene por debajo de la temperatura de ebullición, a 95°C.

### 2. Ebullición

Es un método muy corriente y difundido para cocinar alimentos por vía húmeda. La temperatura a la que asciende el agua es 100°C.

### 3. Vapor

- a. A presión normal (1 atm), temperatura: 100°C.

En este medio de cocción el agua no está en contacto con el alimento, sino por debajo. El agua hierve y genera vapor. Cuando el vapor entra en contacto con el alimento libera una gran cantidad de energía que lo calienta y cocina.

Equipo: vaporera.

- b. A mayor presión (2 atm), temperatura: 115-121°C.

Equipo: olla a presión.

Precauciones:

Dejar como mínimo 1/3 de la capacidad de la olla libre, lugar que luego será ocupado por el vapor de agua.

Disminuir la temperatura (intensidad del fuego) cuando el vapor comienza a escapar por la válvula de vapor.

Enfriar previamente la olla antes de retirar la tapa, de modo de reducir la temperatura y, por lo tanto, la presión interna.

Desventajas:

No se puede observar lo que ocurre en el interior de la olla.

La cocción se controla con dificultad.

### 4. Escaldado

Se trata de una cocción a 65°C durante unos segundos. También se la considera una cocción previa (no se completa la cocción); se utiliza, por ejemplo, para la inactivación de enzimas en vegetales que luego serán congelados.

## Métodos de cocción con calor mixto

También llamados *métodos de cocción por vía mixta*, son la combinación de la vía seca y la vía húmeda (ejemplos: rehogado, salteado más ebullición o salteado más hervor).

**Guisados:** por lo general se comienza por un método seco (que proporciona dorado previo a la preparación) y se continúa con una vía húmeda por adición de líquidos (agua, vino, caldo o el agua propia de los vegetales).

**Estofados:** se parte de ingredientes crudos en un recipiente destapado y se continúa la cocción con el recipiente tapado.

**Braseados:** se usan para grandes piezas de carnes que requieren tiempos prolongados de cocción, en recipientes de cierre hermético (braseira).

### Tratamiento no convencional

Las microondas se encuentran dentro de la categoría de las radiaciones no ionizantes. Son ondas de radio de alta frecuencia y por consiguiente de longitud de onda muy corta, de ahí su nombre.

Frecuencia: 915 MHz y 2450 MHz.

Longitud de onda del orden de 12,2 cm y 32,8 cm. Se propagan a la velocidad de la luz y son también portadoras de energía.

Cuando son absorbidas por un material se transforman en energía calorífica, con la particularidad de no tener que ser conducida de un sitio a otro para provocar elevación de temperatura, porque el fenómeno calorífico tiene lugar en cada punto donde llegue la onda electromagnética. Por esta razón, en los alimentos hay puntos más calientes que otros, motivo por el cual los hornos cuentan con un ventilador o una bandeja giratoria que mueve el alimento a través del campo variable y permite una exposición uniforme.

En un horno de microondas las ondas son generadas por un magnetrón (también llamado *aplicador*) y conducidas por medio de *guías de ondas* (tubos de aluminio en los que las ondas se reflejan internamente) en el interior de la cavidad (horno).

Cualquier radiación, al pasar por el alimento, es atenuada (debilitada, amortiguada), esto significa que pierde energía (disminuye su amplitud), que se convierte en calor en el punto en que se pierde.

La acción de las microondas se basa en que muchas moléculas que componen los alimentos son dieléctricas, por la presencia de agua y cloruro de sodio. Cuando las moléculas de agua se exponen a un campo de microondas, las cargas negativas se enfrentan a la placa del equipo positivo, alternándose durante el proceso, se produce un alineamiento de los campos y estas moléculas colisionan con otras, transfiriendo energía y produciendo el calentamiento. La energía que se disipa en el interior del alimento crea un campo de rápida oscilación. Las moléculas dipolares vibran (frecuencia altísima, cerca de 2.500 millones de vibraciones por segundo) en el intento de alinearse con el campo. La rotación del dipolo ocasiona calor de fricción, lo que provoca el aumento de temperatura.

Cualquier diferencia de temperatura que se desarrolle dentro del alimento es transferida a las porciones más frías de este, por conducción o convección, según sea este un alimento sólido o líquido.

Frente a las microondas los alimentos se comportan como dieléctricos, en los que el agua (agua libre) desempeña un papel importante. Lo mismo sucede con los iones, que en los alimentos se desplazan según la dirección del campo eléctrico alterno, generando así fricción. La temperatura se eleva hasta los 100°C.

## Factores que afectan el calentamiento

### Equipo

Frecuencia: alta (cantidad de veces por segundo en que se repite una variación de corriente o tensión).

Potencia: a mayor potencia, más rápido será el calentamiento.

### Alimento

#### Propiedades dieléctricas

El factor de pérdida dieléctrico es la capacidad de los alimentos de convertir las microondas en calor. El factor de pérdida es una medida de la interacción entre las microondas y los constituyentes del alimento, que depende básicamente de la presencia de moléculas polares. La presencia de agua líquida en el alimento asegura una mayor velocidad de calentamiento; el aceite se calienta a menor velocidad y las sustancias que no disipan las microondas no se llegan a calentar (papel, vidrio).

La constante dieléctrica expresa la capacidad de un alimento de retener (almacenar) las microondas: cuánto lo penetran y el calentamiento que entonces originan. La constante dieléctrica es el valor de la distancia entre las cargas de una molécula. Tanto el agua como las sales disociadas tienen una constante dieléctrica elevada. En los alimentos el valor es menor debido a que el agua ligada, las sales asociadas, las estructuras coloidales y las demás sustancias que los constituyen presentan menor constante dieléctrica.

El contenido de agua líquida en cualquier sistema es el principal determinante de la capacidad de los alimentos para calentarse, cuando son sometidos a un campo electromagnético.

El agua libre y las sales disociadas tienen elevada actividad dieléctrica. El agua ligada, las sales asociadas y los sólidos coloidales tienen menor actividad dieléctrica. Los aceites y grasas tienen factores de pérdida mucho más bajos. Pero los músculos con grasa se calientan cuatro veces más rápido que los músculos magros, con mayor contenido de proteínas.

El agua líquida se calienta 10 veces más rápido que el hielo. Los alimentos congelados, por lo tanto, absorben mal la energía de microondas (se funde solo en la superficie). Si se descongelan demasiado rápido, puede aparecer un calentamiento descontrolado: las partes descongeladas, en primer lugar, absorben humedad y se sobrecalientan, mientras otras porciones permanecen aún congeladas. Este problema se evita descongelando el alimento por dosis intermitentes, para que el alimento se equilibre en los períodos de reposo, a baja potencia.

**Propiedades geométricas:** tamaño, volumen, forma, homogeneidad.

**Propiedades físicas:** calor específico, conductividad térmica, viscosidad, porosidad, etc.

#### Efectos de las microondas sobre los alimentos

- A nivel físico hay menores pérdidas de jugos y, por lo tanto, de compuestos hidrosolubles.

- A nivel químico las temperaturas son menores a los 100 °C en la superficie de los alimentos, por lo que no se desarrollan reacciones como la caramelización, la reacción de Maillard, entre otras.
- La textura es diferente ya que no se forman las costras de tostación.
- El color, el sabor y el olor son diferentes a los desarrollados por otros métodos, debido a los tiempos reducidos.
- A nivel microbiológico el calentamiento no es uniforme, por lo tanto no es seguro microbiológicamente. Depende de la relación tiempo-temperatura.

### **Modificaciones de volumen o tamaño de los alimentos producidos por la cocción o por la aplicación de tratamientos térmicos:**

Una de las modificaciones que le suceden a los alimentos al cocinarlos es la variación en el peso. Hay diferencias entre el peso cocido y el peso crudo de los alimentos. Para algunos la modificación implica reducción (o sea, que el peso cocido es menor que el peso crudo) y para otros implica aumento (el peso cocido es mayor que el peso crudo).

Estas variaciones pueden expresarse en porcentajes (%) o mediante el llamado *factor de cocción*.

El factor de cocción (FCC) es la relación entre el peso cocido y el peso crudo del alimento.

$$\text{FCC} = \text{peso cocido} / \text{peso crudo}$$

Interpretación:

FCC < 1: indica reducción en el peso del alimento.

FCC = 1: indica que no hay modificación en el peso del alimento.

FCC > 1: indica aumento en el peso del alimento.

El porcentaje de reducción cuantifica cuál es el porcentaje (%) de la modificación en el peso del alimento (reducción).

Peso crudo (g).....100%

Diferencia peso (g)....x

(crudo - cocido)

## Bibliografía

- BADUI, S.: *Química de los alimentos*, Ciudad de México: Pearson, 2006.
- BELTZ, H. y W. GROSCH: *Química de los alimentos*, Zaragoza: Acribia, 1988.
- BELLO GUTIÉRREZ, J.: *Ciencia y tecnología culinaria*, Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 1998.
- CHARLEY, H.: *Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*, Ciudad de México: Limusa, 1987.
- FENNEMA, O. R.: *Química de los alimentos*, Zaragoza: Acribia, 1993.
- FOX, B. y A. CAMERON: *Ciencia de los alimentos, nutrición y salud*, Ciudad de México: Limusa, 1992.
- GARDA, M.: *Técnicas del manejo de los alimentos*, Buenos Aires: Eudeba, 2000.
- ORDÓÑEZ, J., M. CAMBERO, L. FERNÁNDEZ, L. GARCÍA, G. GARCÍA, L. DE LA HOZ y M. SELGAS: *Tecnología de los alimentos*, Madrid: Síntesis, 1998, vol. 1.
- SHARMA, S., S. MULVANEY y S. RIZVI: *Ingeniería de alimentos. Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio*, Ciudad de México: Limusa, 2009.

# 3. Conservación por frío

La aplicación de frío es uno de los métodos más antiguos para la conservación de los alimentos. Potter y Hotchkiss (1973) la definen como «la sustracción de calor de un cuerpo».

Los principales tipos de conservación a través del frío son:

- la congelación;
- la refrigeración.

Estos métodos alargan la vida útil de los alimentos y permiten su conservación a corto (días, semanas) y largo plazo (meses, años).

Los objetivos de la conservación por frío son:

- prolongar la vida útil de los alimentos;
- retardar las reacciones químicas en los alimentos;
- retrasar o inhibir el crecimiento y la actividad de los microorganismos;
- controlar la acción de agentes físicos;
- enlentecer o inactivar la acción enzimática;
- conservar el valor nutritivo.

## Refrigeración

Se entiende por *refrigeración* «la reducción de la temperatura de un producto a temperatura positiva, mayor que su punto de congelación» (Organización Mundial de la Salud), es decir, temperaturas en un rango de 0 a 5°C (Organización Mundial de la Salud. Manual sobre las cinco claves para la inocuidad de los alimentos. 2007. ISBN 978 92 4 359463 7).

Este método de conservación permite conservar los alimentos durante un tiempo relativamente corto (días o semanas). La temperatura de refrigeración reduce considerablemente la velocidad de crecimiento de los microorganismos termófilos (como *Bacillus* y *Clostridium*) y muchos de los mesófilos (por ejemplo, bacterias). Los microorganismos psicrótrofos pueden desarrollarse entre estas temperaturas, produciendo alteraciones de tipo organoléptico. Un ejemplo de este tipo de microorganismos es la *Listeria monocytogenes*.

Los factores que debemos controlar cuando refrigeramos alimentos son los siguientes:

- la temperatura, ya que cada alimento tiene una temperatura óptima de conservación;
- la humedad relativa del ambiente: si el ambiente es muy seco, se producirá paso de humedad desde el alimento al medio, con el consiguiente descenso de peso del alimento;
- la circulación de aire;
- buenas prácticas: uno de los problemas más comunes de la conservación en cámara refrigerante es la contaminación cruzada, para lo cual contar con buenas prácticas de refrigeración es una forma de evitarla.

### Normas generales de refrigeración

- Todos los alimentos que van a almacenarse en refrigeración deben ser almacenados inmediatamente después de la recepción.

- Controlar la temperatura de la/s cámara/s refrigerante/s. Llevar registro de estos valores, ya sea en forma diaria o por turno, dependiendo de cómo sea la organización del servicio.
- Disponer los alimentos en la cámara dependiendo de la temperatura que necesiten, o sea, aquellos alimentos que necesiten menos temperatura acondicionarlos en los lugares más fríos dentro de la cámara refrigerante.
- Es importante contar con cámaras de refrigeración separadas para los alimentos crudos y para los cocidos, con el fin de evitar la contaminación cruzada. En el caso de contar con una sola cámara, es importante que estén separados los alimentos crudos de los cocidos, guardados en envases cerrados, con tapa. Los alimentos cocidos deben ubicarse en estantes por encima de los crudos.
- Respetar la vida útil de los alimentos, no tenerlos mucho tiempo en el refrigerador, controlar la fecha de vencimiento.

## Peligros a ser considerados durante la conservación por refrigeración

Contaminación por:

- presencia o crecimiento de microorganismos o sus toxinas que causan intoxicación alimentaria;
- cuerpos extraños, plagas o sustancias tóxicas;
- deterioro de los alimentos por quemadura debido a la baja temperatura utilizada.

### *Temperaturas y humedad relativa adecuada para la conservación de alimentos en refrigeración*

| Alimentos                        | Temperatura (°C) | Humedad relativa ambiente (%)         |
|----------------------------------|------------------|---------------------------------------|
| Carnes y derivados               | 0-4              | 75 a 85                               |
| Leche, productos lácteos, huevos | 2-4              |                                       |
| Frutas y hortalizas              | 6-7              | 85 a 90<br>verduras de hojas: 90 a 95 |

## Buenas prácticas para refrigerar alimentos

Para llevar a cabo buenas prácticas al refrigerar alimentos es necesario seguir los siguientes pasos:

- Verificar el grado de frescura o madurez y el estado sanitario.
- Hacer la higiene previa (si corresponde).
- Retirar el alimento de su envase original.
- Acondicionar en recipientes de material adecuado con tapa o bolsas de polietileno.
- Refrigerar en forma inmediata a la recepción.
- Ordenar los alimentos asegurando la circulación de aire frío; la temperatura depende de cada alimento, por lo tanto ubicarlos adecuadamente.

- Tener presente: Separar los alimentos crudos y de los cocidos.
- Rotar los alimentos: primero en entrar, primero en salir.
- Evitar oscilaciones de temperatura del alimento y en el equipo refrigerante.

## Congelación

Es actualmente, sin duda, uno de los mejores métodos disponibles para la conservación de alimentos a largo plazo. Consiste en la aplicación intensa de frío (por debajo del punto de congelación) capaz de detener los procesos bacteriológicos y enzimáticos que modifican los alimentos. El frío inactiva, no destruye microorganismos. La temperatura de conservación es  $-18^{\circ}\text{C}$ .

La congelación, cuando se realiza adecuadamente, aplicando buenas prácticas, conserva los alimentos sin provocar grandes cambios y preserva las cualidades sensoriales de olor, sabor, flavor, color, textura y el valor nutritivo.

Otros factores que influyen en la calidad de los productos congelados son:

- el proceso aplicado;
- el embalaje utilizado;
- los tiempos y las temperaturas usados;
- los tiempos y las temperaturas usados en la cadena de frío, y
- la descongelación y la cocción final (si es necesaria) antes del consumo.

A pesar de las bajas temperaturas en las que se encuentran los alimentos congelados, existen enzimas todavía activas, ya que a las temperaturas normales de congelación ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) no toda el agua está congelada, por lo cual existe en el alimento todavía agua en estado líquido.

La congelación implica cambios en el calor sensible del alimento y la eliminación del calor latente, asociado al cambio de fase correspondiente a la transformación de una parte del agua líquida en hielo.

La conversión del agua del alimento en cristales de hielo trae como consecuencia que gran parte del agua quede inmovilizada y, por lo tanto, no esté disponible como disolvente ni reactivo (disminuye la actividad de agua o  $A_w$ ).

Cuando se congela un alimento se forman cristales de agua pura, por lo que los solutos se van concentrando cada vez más en el agua que permanece aún sin congelar, la cual tiene cada vez un punto de congelación menor debido a las propiedades coligativas del agua.

## Fases del proceso de congelación

- **Sobreenfriamiento:** la nucleación es un fenómeno difícil porque las moléculas de agua en estado líquido no se asocian fácilmente entre ellas para formar un sólido. Para que esto ocurra es necesario que la temperatura sea inferior al punto en que se inicia la congelación.
- **Nucleación:** consiste en la asociación de moléculas de agua para formar una pequeña partícula ordenada y estable. La nucleación homogénea es la que ocurre en soluciones puras y, por lo tanto, es de poco interés en los alimentos. En la nucleación heterogénea los núcleos se forman sobre partículas extrañas suspendidas, sólidos insolubles, paredes de envases, etc., es de mayor importancia en los alimentos.

- **Crecimiento de cristales:** en esta etapa tiene lugar la adición organizada de moléculas de agua a los núcleos formados, que así aumentan de tamaño. Es posible regular el tamaño de los cristales de hielo controlando la velocidad de transferencia de calor. La congelación rápida produce muchos núcleos y cristales de hielo pequeños, más o menos redondeados, dentro y fuera de la célula. Brinda un producto congelado de mayor calidad, pues hay menos daño celular. La congelación lenta forma hielo en los espacios extracelulares, genera un gradiente osmótico que provoca salida de agua de la célula. Forma cristales de hielo grandes, en forma de aguja y produce daño celular.
- **Recristalización durante el almacenamiento:** es un fenómeno muy frecuente que consiste en cambios metamórficos de los cristales de hielo que afectan a su número, tamaño, forma y orientación. Se trata, en general, de cambios no deseables por la repercusión que tienen en la calidad de los alimentos, pero en muchos casos son inevitables.

### Efectos de la congelación

Las alteraciones que pueden tener los alimentos sometidos a congelación son quemaduras por frío y modificaciones físicas. Entre estas últimas las principales son el enranciamiento de las grasas, los cambios de color y las pérdidas de nutrientes.

Los efectos que puede tener la congelación en los alimentos son varios. Por ejemplo, podemos mencionar daños mecánicos por incremento del volumen de hielo, daños mecánicos provocados por la migración de agua, concentración de solutos, afectación de las propiedades sensoriales, recristalización, sublimación.

### Buena práctica de congelación

Para llevar a cabo una adecuada congelación se debe seguir la buena práctica de cumplir los siguientes pasos:

- Verificar la frescura del producto.
- Escaldar, escurrir (si se requiere).
- Acondicionar en recipiente apto o similar.
- Tapar, cerrar, ajustar (2 cm de espacio libre en recipientes rígidos). Quitar aire.
- Etiquetar: nombre del producto, fecha de envasado, vida útil, número de porciones y pautas de elaboración (por ejemplo, menú sin sal, bajo en grasas, entre otros).
- Llevar a compartimiento de congelación rápida.
- Registrar existencia.

### Generalidades

- Congelar en pequeñas porciones.
- Ingresar al freezer solo alimentos fríos.
- No congelar más de 1/3 de la capacidad total del freezer por vez.
- En caso de interrupción de electricidad no abrir el freezer.
- Planificar la congelación, es decir, congelar la cantidad de alimento en función de lo que se consume o de la cantidad de personas destinatarias.
- Si se van a congelar carnes, es conveniente quitarles la grasa visible, ya que se ponen rancias.

## Formas de congelación

A continuación se presentan algunas formas de congelación que se pueden llevar a cabo en el hogar o en un servicio de alimentación:

- Simple.
- Abierta.
- En almíbar, con azúcar.
- Con escaldado.

Existen alimentos que no es aconsejable congelar, como las verduras para ensaladas, los cítricos, las bananas y las papas.

Tener en cuenta, para los alimentos con alto contenido graso, que durante la congelación se entelocen los procesos de enranciamiento de las grasas, no se inactivan.

## Descongelación

La descongelación consiste en asegurar que la temperatura de los alimentos sea en todos sus puntos superior a la de congelación y se alcance de forma segura antes de ser utilizados.

### Generalidades

- Asegurar que los alimentos se descongelen a la temperatura correcta.
- Eliminar los peligros de contaminación cruzada durante el proceso de descongelación.
- Desechar el líquido de descongelación.
- Usar los alimentos descongelados dentro de las 24 horas posteriores a la descongelación.
- No congelar los alimentos que han sido descongelados.
- No descongelar a temperatura ambiente.

### Peligros que pueden sucederse en este proceso

- Crecimiento de microorganismos causantes de intoxicación alimentaria.
- Contaminación por productos químicos o sustancias tóxicas.
- Contaminación por cuerpos extraños o plagas.
- Presencia de cristales de hielo en los alimentos antes de usarse.
- Contaminación cruzada durante la descongelación.

### Formas de descongelación de alimentos

- Directo al medio de cocción.
- Refrigerador.
- Microondas.

## Bibliografía

- ORDÓÑEZ, J., M. CAMBERO, L. FERNÁNDEZ, L. GARCÍA, G. GARCÍA, L. DE LA HOZ y M. SELGAS: *Tecnología de los alimentos*, Madrid: Síntesis, 1998, vol. 1.
- POTTER, N, HOTCHKISS, J.H. *Ciencia de los alimentos*. Editorial Acribia, 1999.
- TABLADO, C. y J. F. GALLEGRO: *Manual de higiene y seguridad alimentaria en hostelería*, Madrid: Thomson Paraninfo, 2004.

# 4. Sistemas dispersos

## Propiedades funcionales

Los constituyentes de los alimentos tienen la capacidad de interactuar a través de diferentes grupos reactivos, dando como resultado la formación de una estructura tridimensional estable que se refleja en el estado físico, la apariencia y la textura global de cada producto.

Todos los componentes de los alimentos se encuentran en uno de los siguientes estados de dispersión:

1. **Dispersión molecular o solución verdadera:** una sola fase; las moléculas de peso molecular bajo, como las sales o azúcares, se disuelven rápidamente y de manera homogénea en el agua.
2. **Dispersión coloidal:** los polímeros, como el almidón o las proteínas, no se disuelven, sino que crean un sistema heterogéneo llamado coloide, compuesto por dos fases distintas.
3. **Dispersión gruesa:** las moléculas de mayor tamaño tienden a la sedimentación.

Se diferencian en el tamaño de la partícula de sus moléculas.

### *Sistemas dispersos más importantes en alimentos*

| NOMBRE        | FASE DISPERSA O INTERNA | FASE CONTINUA, EXTERNA O DISPERSANTE | EJEMPLO  |
|---------------|-------------------------|--------------------------------------|--|
| SOL           | Sólido                  | Líquido                              | Caseínas de la leche, proteínas de la clara de huevo   |
| ESPUMA        | Gas                     | Líquido                              | Aire en proteína de huevo desnaturalizada, aire en solución de bebidas carbonatadas, aire en crema de leche batida |
| ESPUMA SÓLIDA | Gas                     | Sólido                               | Pan<br>Helado<br>Merengue cocido   |
| EMULSIÓN      | Líquido                 | Líquido                              | Mayonesa, leche  |
| GEL           | Líquido                 | Sólido                               | Agua en proteínas, gelatina, agua en polisacárido, jalea, colágeno, pasta de almidón                               |
| SOL-SÓLIDO    | Sólido                  | Sólido                               | Caramelos duros, <i>fondant</i> (dentro del azúcar otro azúcar, partículas de diferente tamaño)                    |

Los coloides **simples** están formados por dos fases nada más (pueden ser de ocho combinaciones distintas; en los alimentos se dan solo algunas).

Los coloides **complejos** se caracterizan por tener dos o tres fases dispersas en una continua.

En general, las propiedades coligativas y las características físicas y químicas de los sistemas coloidales heterogéneos son muy diferentes a las verdaderas soluciones homogéneas.

Una de las propiedades más importantes de los coloides, que los diferencian de otros sistemas, es el **tamaño reducido de su partícula** que hace que adquieran una **enorme superficie específica** (área/volumen o área/masa); esto repercute en que sus propiedades físicas y químicas sean muy peculiares y distintas a las del resto de los sistemas que se encuentran en los alimentos. Estas condiciones hacen que exista una gran área de contacto entre las fases dispersa y dispersante que genera una **elevada energía interfacial** sobre la superficie que las separa; la estabilidad depende de la formación y la naturaleza de las interacciones en dicha superficie.

Al margen de sus propiedades nutricionales, varios componentes de los alimentos pueden ser también responsables de otras propiedades de carácter funcional, entre las que hay que destacar las que desempeñan un papel importante en la tecnología de fabricación de estos, muchas de ellas relacionadas con la textura del alimento. Son las denominadas *propiedades funcionales* o *tecnológicas* que rigen el comportamiento de los sistemas alimentarios durante su procesado, almacenamiento y preparación.

Aplicado a los constituyentes —macromoléculas— de los ingredientes, en la preparación de alimentos, el término *funcionalidad* se refiere a cualquier propiedad, diferente de las nutritivas, que condiciona la utilidad de la macromolécula en la preparación. Estas propiedades son propiedades globales de los polímeros, que asocian simultáneamente propiedades físicas y químicas diferentes, pero dependientes entre sí.

La mayor parte de las propiedades funcionales afectan las características sensoriales de la preparación de alimentos —especialmente la textura—, aunque también pueden jugar un papel importante en su comportamiento físico o en el de los ingredientes durante la elaboración o el almacenamiento. Las propiedades funcionales de los constituyentes de los alimentos dependen directamente de:

Factores intrínsecos de la molécula:

- a. su estructura espacial (conformación más o menos desplegada, peso molecular, carga eléctrica, hidrofobicidad, etc.), y
- b. su grado de asociación (entre ellas o con otras moléculas, relación y disposición, etc.).

Factores extrínsecos de la molécula:

- a. las características del medio (agua, presencia de otras moléculas, pH, fuerza iónica, temperatura, actividad de agua, constante dieléctrica), y
- b. los tratamientos mecánicos, físicos o químicos que modifican el medio.

# Clasificación de las propiedades funcionales

Según la naturaleza de los enlaces y los tipos de fuerzas implicadas en ellos, las propiedades funcionales se clasifican en:

- 1. Propiedades de hidratación.** Vienen determinadas por el comportamiento de las macromoléculas frente al agua y se reflejan en parámetros como la capacidad de retención de agua, la solubilidad o la viscosidad. Los enlaces implicados en estos fenómenos fisicoquímicos suelen ser puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals y enlaces iónicos que participan en la solvatación de grupos ionizables. Abarcan:
  - adsorción y retención de agua;
  - hinchamiento/dilatación;
  - adhesión/cohesión;
  - dispersabilidad/viscosidad.
- 2. Propiedades de asociación y de estructuración.** Son consecuencia de las interacciones entre las macromoléculas, con una importante repercusión en fenómenos como el poder espesante y la gelificación, o su reflejo en la fijación de aromas y la retención de lípidos. Las asociaciones se hacen posibles gracias a la participación de asociaciones intermoleculares iónicas, hidrofóbicas o covalentes. Abarcan:
  - Formación de geles, masas, fibras, precipitados.
- 3. Propiedades de superficie interfaciales.** Asentadas sobre la actividad de moléculas anfipolares cuando se sitúan en las superficies de separación entre dos fases no miscibles. Propiedades de las interfases, formación de sistemas polidispersos. Involucran puentes de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas, enlaces electrostáticos, fuerzas de Van der Waals. Abarcan:
  - Estabilización de emulsiones, espumas.

Todas estas propiedades, en conjunto, determinan las características físicas de las preparaciones de alimentos, especialmente su textura, y definen el perfil sensorial del producto.

Algunos de los términos que describen estos atributos son: *compacto, terso, duro, espeso, masticable, correoso, desmenuzable, grasoso*, entre otros.

## 1. Propiedades de hidratación

Las interacciones entre el agua y los constituyentes de los alimentos se producen gracias a **grupos ionizables** capaces de disolverse o **grupos polares** que establecen puentes de hidrógeno con el agua. Se reflejan en parámetros como la capacidad de retención de agua, la solubilidad o la viscosidad.

**Grupos polares ionizados solvables**

*Cargados negativamente*

Carboxílicos (COO<sup>-</sup>): polisacáridos, Asp, Glu, ácidos orgánicos  
Fosfatos (PO<sub>4</sub>H<sup>=</sup>): polifosfatos, fosfoproteínas, nucleótidos, fosfolípidos  
Ácidos siálicos, glicoproteínas  
Sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>=</sup>): sulfatos libres o de algunos polisacáridos (galactano sulfatos)  
Otros aniones minerales: Cl<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, etc.

*Cargados positivamente*

Aminas, iminas, -NH<sub>3</sub><sup>+</sup> proteínas: Lis, His, Arg, Tri, Pro, osaminas, bases nitrogenadas, poliaminas, etc.  
Cationes minerales divalentes Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, libres o asociados a proteínas y polisacáridos  
Cationes minerales monovalentes Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>

**Grupos polares no ionizados (ptes de H)**

Hidroxilo (-OH): glúcidos, Ser, Thr, Tir, polioles  
Carboxilo (-COOH): polisacáridos, Asp, Glu  
Amina (-NH<sub>2</sub>): Lis  
Amida (-CONH<sub>2</sub>): proteínas, enlace peptídico, Asn, Gln  
Tiol (-SH): proteínas Cis

**Grupos no polares**

Hidrocarburo alifático: lípidos, ácidos grasos, proteínas cadenas, -(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>: laterales Ala, Val, Leu, iiii, Met, Pro, Lis, Arg, carotenoides, terpenos (grupos insaturados)  
Hidrocarburo cíclico: proteínas, cadenas laterales Fen, Tir, Tri, aromático o no, pigmentos hémicos (Hb, Mb, clorofila), antociánicos, polifenoles y taninos, dextrinas cíclicas, etc.

Los distintos tipos de interacciones entre grupos polares o entre grupos apolares de la molécula, o entre estos grupos y el agua, contribuyen a la estabilidad de la conformación de las macromoléculas.

La hidratación modifica el equilibrio entre las interacciones intra- e intermoleculares, hace a las cadenas poliméricas más móviles y flexibles y provoca una reorganización estructural, en general más desplegada.

En el curso de la hidratación progresiva de las macromoléculas se observa una movilización de las moléculas: esta movilización se acompaña de un hinchamiento de la red y una disminución de la rigidez de la molécula, resultado de las interacciones macromolécula-agua. En este sentido, el agua desempeña dentro del sistema alimentario un papel plastificante.

En la práctica, los fenómenos de hidratación desembocan en comportamientos diferentes según se trate de alimentos líquidos o sólidos y, dentro de esta distinción, si son proteínas o polisacáridos.

## Sistemas alimentarios sólidos

Muchas propiedades de hidratación son dependientes de que puedan ocurrir los fenómenos de mojabilidad o dispersabilidad, lo que permitirá o impedirá que las moléculas de agua absorbidas puedan quedar distribuidas por toda la masa.

**Mojabilidad:** facilidad con la que un producto fija moléculas de agua. Una gran afinidad por el agua puede conducir a la formación de zonas superficiales compactas, que impiden la penetración de las moléculas de agua, por lo que el interior quedaría seco.

**Dispersabilidad:** depende de las fuerzas capilares vinculadas a la microestructura, producidas como consecuencia de la organización molecular.

Cuando se trate de sistemas proteicos existen otros factores como: el pH del medio, área interfaseal de las partículas, porosidad, desnaturalización proteica. En polisacáridos solo existe dependencia del pH del medio (si tienen cargas negativas). Tanto en un caso como en otro, la presencia de sales atenúa el efecto del pH.

### Soles

Uno de los principales sistemas coloidales en los alimentos y preparaciones de alimentos son los soles, constituidos por la dispersión de sustancias sólidas en un líquido.

Las moléculas que intervienen son fundamentalmente polímeros, proteínas y polisacáridos, que dan lugar a dos tipos de coloides:

- hidrófilos fuertemente hidratados, cuya estabilidad está determinada por su grado de interacción con el medio dispersante, e
- hidrófobos, que precipitan con facilidad.

La superficie de los soles coloidales posee una carga eléctrica positiva o negativa, que genera fuerzas de repulsión entre las moléculas del coloide, que lo estabilizan.

Si las fuerzas de repulsión se neutralizan, por ejemplo, variando el pH del sistema, se induce la agregación de las macromoléculas y la consecuente precipitación. La generación de la carga eléctrica del coloide puede ser por:

- a. Ionización de los grupos químicos de la molécula del coloide: por ejemplo, las proteínas con sus grupos carboxilo ( $\text{COO}^-$ ) y amino ( $\text{NH}_2^+$ ); fosfolípidos y algunos HC.
- b. Adsorción de iones o moléculas polares (agua): por ejemplo, los polisacáridos ácidos interaccionan con diferentes iones y adquieren una carga eléctrica, al igual que las proteínas mediante grupos imidazol de la histidina y algunos metales de transición.

En el caso de los coloides hidrófilos una doble capa de agua adsorbida conserva las partículas dispersas en el sistema al actuar como dipolo, evitando que las moléculas se aglomeren.

La doble capa consiste en:

1. Una capa fija interna sencilla de iones de carga opuesta (contraiones) unidos a la superficie del coloide. Se trata de una capa inmóvil que permanece fuertemente unida a la superficie micelar mediante fuerzas electrostáticas y de Van der Waals.
2. Una capa externa de estructura difusa, con los mismos iones, que envuelve a la micela en forma de nube y cuya concentración va disminuyendo hasta hacerse cero en el seno del líquido dispersante. Se trata de una capa difusa cuyo potencial eléctrico va disminuyendo a medida que se aleja de la pared micelar.

En el caso de las proteínas, las fuerzas atractivas son:

- Las interacciones hidrofóbicas (particularmente al aumentar la temperatura del sistema).
- Los puentes disulfuro, puentes de hidrógeno (al disminuir la temperatura del sistema).
- Las interacciones electrostáticas a través de puentes de calcio.

Las fuerzas repulsivas las constituyen las interacciones electrostáticas e interacciones proteína-agua.

- Dependen de:
- el pH;
- la temperatura;
- la fuerza iónica.

Las cargas de igual signo se repelen, evitando la precipitación.

La carga eléctrica de una sustancia puede ser neutralizada por la adición de un ácido o una base al sistema. La neutralización de la carga eléctrica desestabiliza el coloide y lo torna menos soluble.

El punto de neutralidad eléctrica en las proteínas es el punto isoelectrico. Las proteínas contienen en su molécula grupos ácidos y básicos capaces de ionizarse. Los iones  $H^+$  dan a la proteína una carga positiva a pH bajo, en tanto que a pH alto la proteína adquiere carga negativa. Dado que el número de grupos ácidos y básicos en cada proteína es variable, cada una tiene un punto isoelectrico característico, por ejemplo:

- |                     |          |
|---------------------|----------|
| • caseína           | pH 4,55  |
| • gelatina          | pH 4,85  |
| • albúmina de huevo | pH 4,9   |
| • lactoglobulina    | pH 5,2   |
| • miosina           | pH 6,2   |
| • gliadina          | pH 4,5-5 |

En el punto isoelectrico las proteínas pierden la capacidad de permanecer hidratadas, coagulan y espuman fácilmente, pues su estabilidad es menor. Por ejemplo, la leche que se acidifica por acción bacteriana o por el agregado de ácido cuaja rápidamente cuando se calienta. Las claras de huevo a veces se acidifican con cremor tártaro para favorecer la formación de espuma.

En los sistemas hidrófobos esta es la forma de estabilización predominante; afecta por ejemplo a la ovoalbúmina, al aumentar el porcentaje de aminoácidos hidrófobos, y no a otras proteínas como la ovomucina, la gelatina y las de la soja, puesto que su estabilidad depende en menor medida de estos aminoácidos.

## 2. Propiedades reológicas

La dispersión de macromoléculas coloidales aumenta la viscosidad del medio que las contiene y esta es una de las principales finalidades que se persiguen cuando se emplean gomas y otros polímeros en la elaboración de diferentes alimentos.

La viscosidad es una propiedad muy característica de cada sistema coloidal que se puede modificar de acuerdo a los requerimientos de la preparación.

El aumento de la viscosidad favorece la estabilidad de las dispersiones, retarda la velocidad de la separación (ya sea de un sol, emulsión o suspensión).

**La viscosidad es la resistencia que presenta una sustancia para fluir libremente, resultado de la fricción interna entre las moléculas del sistema.**

La unidad de viscosidad absoluta es el poise; en general se utiliza la viscosidad específica o relativa, o sea, la comparación con un fluido como el agua de viscosidad conocida.

De acuerdo a su comportamiento reológico —comportamiento o respuesta del sistema frente a una fuerza o esfuerzo aplicado— los soles se pueden clasificar en:

**Newtonianos:** el agua pura, soluciones verdaderas y soles con concentraciones muy bajas de coloides, en los que el incremento de la fluidez es proporcional a la fuerza aplicada.

**No newtonianos:** en los alimentos la mayoría de los soles son no newtonianos, su comportamiento depende en mayor medida de las características moleculares y estructurales de los coloides que los componen, la forma y el tamaño de las partículas, y su grado de interacción y ordenamiento interno.

Los sistemas no newtonianos se pueden clasificar a su vez en pseudoplásticos, plásticos y dilatantes.

- Los **soles pseudoplásticos** —soles de gomas, leche— reducen su viscosidad al aumentar la fuerza aplicada.
- Los **plásticos (Bringham)** —salsa de tomate, ketchup— adquieren una velocidad constante solo tras aplicarles una fuerza para que empiecen a fluir.
- Los **soles dilatantes** —dispersiones de almidón en agua— incrementan su viscosidad al aumentar la fuerza externa.

## 3. Propiedades de estructuración

La tendencia de las moléculas a asociarse cuando se desestabiliza una solución se debe a la ruptura del equilibrio entre las fuerzas atractivas y repulsivas, debido a diferentes parámetros del medio. La evolución natural es hacia un nuevo equilibrio en un sistema estable.

### Geles

Los geles son las estructuras sólidas viscoelásticas resultantes de la formación de una red tridimensional de macromoléculas (fase dispersante) en la que queda retenida el agua (fase dispersa).

Algunas sustancias naturales que gelifican son el almidón, las pectinas y las proteínas (caseína, albúmina).

Generalmente la acción externa que permite la formación del gel es:

- un agente mecánico (almidones pregelificados);
- la aplicación de calor (el aumento de la temperatura acelera el movimiento browniano e incrementa el encuentro entre las cadenas macromoleculares);
- en el caso de las proteínas, además, puede ser por:
  - hidrólisis enzimática (caseína);
  - acción de iones (calcio en la caseína), o
  - alcalinización (proteínas de la soja).

## Proceso

- Desnaturalización
- Desplegamiento
- Unión
- Interacción

Las moléculas dispersantes, para formar la red, se deben extender e interrelacionarse a través de las zonas de unión específicas, entre ellas y con el agua.

Algunos geles son estructuras fuertemente hidratadas, aunque una gran parte del agua tenga propiedades similares a las del agua en una solución verdadera, está retenida físicamente y no puede expulsarse con facilidad. Es probable que el agua sea atraída en capas alrededor de zonas polarizadas del gel, por puentes de hidrógeno (al enfriarse el sistema) y por capilaridad en los poros de la red.

La fuerza del gel, su comportamiento frente a acciones aplicadas, depende del tipo de unión que establecen entre sí las moléculas de la fase dispersante, según las condiciones en que se desarrollan.

La tendencia natural de las macromoléculas que constituyen la red tridimensional del gel es a re-arreglarse, unirse entre sí a través de zonas de mayor extensión para adquirir una estructura más estable. Resultado de esto es el escape de líquido (exudado) de los intersticios de la red, proceso denominado *sinéresis*. El líquido exudado está compuesto en parte por las propias moléculas coloidales en forma diluida.

### *Factores que condicionan la formación, fuerza y estabilidad de los geles:*

- La naturaleza de la fase dispersante (su afinidad por el agua), polisacáridos/proteínas:
  - Los coloides hidrófilos producen geles más rápidamente que los hidrófobos, por su mayor afinidad con las moléculas de agua que los rodean.
  - Las proteínas globulares de elevado peso molecular y mayor proporción de aminoácidos hidrófobos dan lugar a geles más fuertes (por el establecimiento de enlaces resistentes: puentes de sulfuro de hidrógeno y dis-sulfuro).
  - Las pectinas de alto peso molecular también producen geles más fuertes por la intensa asociación intermolecular.
  - Los hidratos de carbono ramificados no forman gel, aumentan la viscosidad.
- La concentración de la fase dispersante: al aumentar la concentración de la fase dispersante aumenta el poder gelificante por el incremento de las relaciones intermoleculares.

- La temperatura del sistema o cambios de temperatura: a medida que se reduce la temperatura se acelera el establecimiento del gel, mientras que las temperaturas altas inducen la licuefacción. Los geles presentan el fenómeno de histéresis durante su formación y licuefacción, ya que los perfiles de temperaturas a los que se llevan a cabo estos dos procesos son diferentes.

Los geles de polisacáridos son poco resistentes a los procesos de congelación/descongelación debido a la retrogradación de la amilosa, dando lugar a una textura fibrosa y granulosa (en su lugar se utilizan almidones céreos y modificados por entrecruzamiento).

Algunos geles de proteínas son termorreversibles, como la gelatina, mientras que en otros la desnaturalización necesaria para la constitución de la estructura es irreversible (ovoalbúmina).

- El pH del sistema:
  - Los geles de polisacáridos son estables a pH entre 4 y 7.
  - A  $\text{pH} < 4$  se produce la hidrólisis del almidón y las dextrinas resultantes no pueden constituir la estructura de gel.
  - Las pectinas gelifican a pH entre 2 y 3,5.
  - En los geles de proteínas el pH importa en relación al punto isoeléctrico (PI) de la molécula en cuestión, valor en que se puede ver afectada la fuerza del gel; el PI precipita, lejos del PI aumenta la capacidad de formar gel.
- La concentración de otras sustancias en el sistema:
  - Respecto a su reacción con el agua; si disminuye la actividad de agua, la gelificación se retrasa y puede no producirse. En los geles de polisacáridos la presencia de disacáridos que compiten por el agua disminuye la velocidad de gelificación y la fuerza del producto final por la acción plastificante que ejercen y por interferir en las zonas de unión entre cadenas.
  - La sal aumenta la firmeza. La presencia de sales divalentes como el calcio y magnesio acelera la gelificación de polímeros como pectinas y algunas proteínas; mientras que las monovalentes, como el potasio, lo hacen con la carragenina. El almidón, como molécula neutra, es poco afectada por la presencia de sales, salvo el almidón de papa, que posee grupos fosfato y almidones modificados por ionización.
  - Los lípidos como los monoglicéridos forman complejos de inclusión con la amilosa, los cuales resisten la entrada de agua e interfieren en las zonas de unión; como consecuencia se retarda la formación del gel y disminuye su fuerza. Se observa en las masas de pasteles o galletas en que el alto porcentaje de grasas impide la gelificación del almidón; en cambio, en el pan el bajo contenido graso permite la gelificación del 95% del almidón.

*De estas variables depende también el grado de elasticidad y rigidez de la estructura.*

## 4. Propiedades de superficie

### Interfase

Es la superficie que separa dos fases.

Tanto la superficie como la interfase son conceptos geométricos bidimensionales y aparentes: *aparentes* pues entre dos fases en contacto no existe una separación nítida y brusca. Existe sí una región donde ocurre una transición continua de las propiedades de una fase a las propiedades de la otra, por lo que entre ambas fases existe una región tridimensional intermedia, denominada *interfase*.

Las interfases pueden ser:

- líquido/gas;
- líquido/líquido;
- líquido/sólido;
- sólido/gas;
- sólido/sólido.

El estudio y el comportamiento de los fenómenos de la interfase revisten importancia no solo teórica sino también práctica en amplias áreas, como la física, la química y la biología. La aplicación de la físico-química de las superficies implica, entre otras propiedades, las de adsorción, formación y estabilización de emulsiones y espumas, y problemas generales de la química coloidal.

### Tensión superficial

Es la fuerza que actúa en dirección paralela a la superficie, oponiéndose a cualquier proceso cuyo resultado sea la variación del área de dicha superficie.

La podemos definir como la cantidad de trabajo necesario para aumentar el área superficial de un líquido a una temperatura dada (este trabajo será mayor cuanto más se atraigan entre sí las moléculas de un determinado líquido).

Las moléculas de un líquido se atraen unas a otras por fuerzas de cohesión. En el cuerpo del líquido estas fuerzas están en equilibrio, pero en la superficie son desiguales porque las moléculas de la fase gaseosa ejercen menos atracción.

Las moléculas en la superficie de un líquido no tienen la misma libertad de movimiento que en el interior de este. Por lo tanto, la superficie del líquido está en estado de tensión.

La atracción sobre las moléculas en la superficie de un líquido produce un desbalance hacia el interior de este (lo que confiere un carácter de cubierta elástica).

Será necesario trabajo para extender la superficie o para que una molécula escape de la superficie (por ejemplo, evaporación). Por consiguiente, existen fuerzas en la superficie que intentan minimizar su área (la formación de gotitas de líquido se debe a esta atracción neta hacia el interior sobre las moléculas de la superficie, por eso la mayoría de las gotas son esféricas).

La constitución de una dispersión coloidal implica el aumento de la superficie entre las fases y origina fuerzas e interacciones en el sistema, que se oponen a su estabilidad y permanencia.

Las sustancias que se adsorben en la superficie de las fases y actúan disminuyendo la tensión superficial se denominan *agentes activos de superficie*, *tensoactivos* o *surfactantes*. Son moléculas con una parte polar y otra no polar, por lo que pueden disolverse en agua o

soluciones acuosas y en disolventes orgánicos y aceites. Se ordenan en la región interfasial con los grupos polares hacia la fase acuosa y los grupos no polares en la otra fase.

### Adsorción interfasial de los polímeros

Los polisacáridos, y especialmente las proteínas constituidas por trozos peptídicos hidrófilos e hidrófobos según la secuencia aminoacídica, se adsorben tanto del lado hidrófobo como del hidrófilo de la interfase y reducen de esta manera la tensión interfasial.

La adsorción es tanto mayor cuanto más desenrollada (y, por lo tanto, desnaturalizada) se encuentre la molécula en la interfase.

La aptitud de las proteínas y polisacáridos para la adsorción interfasial depende de la flexibilidad de la cadena polimérica y de sus posibilidades de desplegarse.

Los factores que afectan esta propiedad son:

- La naturaleza de la molécula: por ejemplo, la caseína beta, sin estructura terciaria, se adsorbe con mayor rapidez que la lisozima.
- El pH: por ejemplo, la migración de la caseína hacia la interfase es máxima al pH isoelectrico, pues en ausencia de repulsión electrostática la molécula se adsorbe mejor.
- La desnaturalización previa de las proteínas: por ejemplo, el calentamiento aumenta la velocidad de adsorción.

El espesor de las películas interfasiales varía en función de:

- La concentración interfasial, que es más elevada para las proteínas globulares que para las desplegadas; las primeras constituyen películas más viscoelásticas.
- Los polisacáridos mejoran la viscosidad interfasial de las películas, por gelificación.

### Emulsiones

En una emulsión hay gotas líquidas o cristales líquidos dispersos en un líquido, siendo los líquidos inmiscibles entre sí.

En los alimentos, las emulsiones son de agua/aceite o aceite/agua.

Una emulsión de **aceite en agua** es en la que el aceite es la fase dispersa y el agua la fase continua: helados, mayonesa, aderezos, leche.

En la emulsión de **agua en aceite** las gotas de agua están dispersas en la fase oleosa: manteca, margarina.

La formación de las pequeñas gotas a través del trabajo mecánico implica un gran incremento del área de contacto entre los líquidos, valor que aumenta exponencialmente a medida que disminuye el diámetro de las gotitas (1 ml de aceite puede adquirir una superficie de 6 m<sup>2</sup>).

Debido a la gran cantidad de energía libre que resulta de esta acción, y por la tendencia natural de las moléculas de cada líquido a unirse entre sí, las emulsiones son *termodinámicamente inestables* y tienden a desestabilizarse por uno o más de los siguientes mecanismos:

- Sedimentación o decantación, por acción de la fuerza de gravedad entre fases de diferente densidad.
- Floculación o agregación, por cese de las fuerzas repulsivas entre las cargas, sin que se rompa la película interfasial. En general, tras la floculación, aumenta la diferencia de densidad entre las fases y se intensifica la sedimentación.

- Coalescencia, por la ruptura de la película interfasial, que puede ser por acción térmica o mecánica y, en general, posteriormente al agrupamiento de los glóbulos, producto de la floculación o sedimentación.

Para obtener emulsiones estables debe contrarrestarse la tendencia espontánea de las sustancias a minimizar el área interfasial, lo que se consigue con la presencia de emulsificadores.

| NATURALES   |  | SINTÉTICOS                                   |
|-------------|--|--|
| Iónicos:    | sales biliares<br>fosfolípidos<br>proteínas<br>gomas | sales ácidos grasos                          |
| No iónicos: | colesterol<br>saponinas<br>gomas                     | ésteres glicerol<br>poliglicerol<br>sacarosa |

**Emulsificantes naturales:** fosfolípidos, lecitina (fosfatidilcolina) y fosfatidiletanolamina son derivados de la grasa, contienen radicales de ácidos grasos no polares y el radical de ácido fosfórico polar.

La gelatina y la clara de huevo, ambas proteínas, son buenos emulsificantes, pero la yema de huevo es superior a cualquiera (por las lipoproteínas).

**Emulsificantes manufacturados:** comestibles, algunos son ésteres de ácidos orgánicos (acético, cítrico, láctico y tartárico) de monoglicéridos.

Un éster del ácido cítrico es utilizado en la margarina como agente para prevenir salpicadura de grasa.

Otros emulsificantes son los ésteres de ácidos grasos de alcoholes diferentes del glicerol, o sea, propilenglicol y sorbitán (incluidos los ésteres grasos del sorbitán conocidos como *spans*, que forman emulsión de agua en aceite), y los ésteres grasos del polioxitileno (sorbitán *tween*, que forman emulsiones de aceite en agua).

Otra sustancia aprobada es la carboximetilcelulosa.

Estos **agentes activos de superficie** se adsorben en la interfase de forma que:

Disminuyen la tensión superficial de la fase continua. Constituye una barrera física al colapso: gomias y proteínas que constituyen una película alrededor de las gotitas (Ac/Ag); otros sólidos finamente divididos (polvo de sílice, arcillas, sales básicas de metales, fragmentos celulares de plantas).

Contribuyen al equilibrio entre las fuerzas atractivas (Van der Waals [-]) y repulsivas (fuerzas electrostáticas): cuando las segundas superan a las primeras, constituyen una barrera de energía que se opone a la coalición.

Aumentan la viscosidad de la fase continua: gelatinas, gomias que demoran floculación y coalescencia. En los alimentos, las emulsiones generalmente son sistemas complejos: la fase discontinua puede ser una mezcla de lípidos en estado líquido y cristalino, y la fase continua un sol o un líquido no newtoniano. El comportamiento de estos sistemas se acerca más a la viscoelasticidad (por ser semisólidos) que a los líquidos. Es el caso de las emulsiones lácteas, la manteca y la crema de maní.

**Aderezo francés:** se prepara batiendo aceite y ácido junto con pimentón y mostaza. La emulsión que se forma es temporal, se estabiliza por los polvos de los dos sólidos

que se acumulan en la interfase del aceite y del ácido. La mostaza además contiene un constituyente activo de superficie, que disminuye marcadamente la tensión superficial del agua y la tensión interfasial entre el agua y el aceite.

Las gotas de grasa en un aderezo francés son grandes debido a que se forman batiendo el aceite y el vinagre; la capa protectora del emulsificante es tan débil que no puede proteger la fase dispersa. Algunos aderezos tipo francés no se separan en dos fases ya que esta ha sido estabilizada con goma vegetal (agar acacia, carragenina, karaya, tragacanto) o mediante gelatina. Estos agentes actúan haciendo la fase acuosa tan viscosa que los glóbulos de grasa son incapaces de subir.

*Mayonesa*: emulsión permanente en la que se combina el ácido más el condimento y la yema de huevo (disminuye la tensión interfasial entre el agua y el aceite). La elaboración es más compleja que la anterior.

La fracción de livetina de las proteínas de la yema de huevo y las micelas parecen ser los agentes activos de superficie más activos.

### *Emulsiones cortadas*

En ciertas circunstancias la capa protectora alrededor de la fase dispersa se altera y la emulsión se separa en dos fases. Los factores que pueden causarla son:

La superficie de la emulsión seca o congelada, porque que se rompe ya sea la fase continua del agua alrededor de las gotitas de grasa o la capa del emulsificante.

El agregado de sal a la emulsión, porque aumenta la tensión superficial del agua.

El movimiento violento o continuo.

Una emulsión separada puede ser reformada añadiéndole lentamente un líquido o una emulsión separada puede ser incorporada a una emulsión estable.

### Espumas

Este estado de dispersión comprende la dispersión de burbujas de gas (generalmente aire) en el seno de un líquido viscoso o de un semisólido. El fluido entre las burbujas de gas se denomina *lamela* y constituye la estructura básica del sistema, estabilizado por la adsorción de moléculas reactivas en la interfase gas/líquido.

El sistema aire/agua es una espuma transitoria que desaparece cuando cesa la acción mecánica, pues la alta tensión superficial del agua colapsa las burbujas. Para estabilizar la espuma es necesaria la presencia de un agente activo de superficie, un agente surfactante, que disminuya la tensión superficial del agua.

- Las espumas más comunes en alimentos son: merengues;
- cremas y mantequillas batidas;
- pasteles;
- pan;
- cerveza (se forma por sustancias provenientes del lúpulo que se usa en la manufactura de esta bebida);
- albúmina de huevo (es una de las proteínas más usadas en alimentos).

La formación de espumas con proteínas implica un proceso de desnaturalización controlado (un polímero se tiene que desdoblarse y orientar los aminoácidos hidrófobos hacia el interior de la burbuja, y, los hidrófobos al exterior, en contacto con la fase acuosa).

Un calentamiento drástico disminuye la capacidad de espumado por desnaturalización *excesiva*.

- \* En el caso de la albúmina de huevo un calentamiento gradual puede estabilizar la espuma; la proteína coagula en forma de película, la lamela queda más resistente, casi sólida (elaboración de *soufflés*, merengues, betunes o cubiertas para pastel, dulces *nougat* o turrón).
- \* En panes y pasteles, la alta temperatura desnaturaliza las proteínas, lo que produce muchas celdillas de burbujas de aire con una lamela sólida.

La espuma adquirirá máxima estabilidad cuando las burbujas tengan un diámetro particular y la distancia entre ellas sea la mínima necesaria para evitar la difusión de gas de unas a otras. Por estas razones, la estabilidad y la densidad de las espumas dependen en gran medida de las características de la lamela.

- Las espumas se forman por la aplicación de una fuerza mecánica que incorpora el aire, que puede ser:
- haciendo burbujear el gas en un sol de proteínas;
- batiendo o agitando el sol en presencia de abundante fase gaseosa (dispersión más uniforme del gas), o
- liberando la presión en un sol previamente presurizado (crema de leche en aerosol).

El trabajo mecánico (relación tiempo/intensidad) debe permitir el desplegamiento de las proteínas, su concentración y extensión en la interfase, a fin de disminuir la tensión superficial y, por otra parte, permitir la adsorción proteica para formar la película con las características requeridas: impermeable, gruesa, elástica, cohesiva, continua.

#### *La estabilidad de las espumas depende de:*

- la disminución de la tensión interfasial;
- la rigidez/elasticidad de la lamela: mayor cuando las proteínas desnaturalizadas están acompañadas por polisacáridos gelificados, y
- la viscosidad de la fase líquida: que aumenta con la adición de polisacáridos o, en el caso de las proteínas, aumentando la concentración, prevaleciendo los aminoácidos básicos (lisozima) o las proteínas glicosiladas (ovomucina y ovomucoide).

#### *Fuerza/rigidez de la espuma*

Capacidad de una columna de espuma de soportar un peso o la viscosidad de esta.

*Factores que afectan la formación y estabilidad de las espumas:* En el caso de las espumas proteicas, son todas las condiciones que afectan de alguna manera la conformación o el comportamiento de las proteínas:

- El pH del sistema: en el punto isoeléctrico, las proteínas del gluten (pH 6,5-7,5) y las del suero (pH 4,5) incrementan las interacciones moleculares electrostáticas y el grosor y rigidez de la lamela; otras proteínas, fuera del punto isoeléctrico, presentan mayor estabilidad por aumento de la viscosidad.
- La presencia de sales puede afectar la solubilidad, viscosidad, desplegamiento y agregación de las proteínas; el ClNa suele aumentar el volumen y reducir la estabilidad, al disminuir la viscosidad del sol proteico. Los iones Ca pueden mejorar la estabilidad por formar puentes entre los grupos carboxilo.
- La presencia de azúcares suele deprimir la expansión y mejorar la estabilidad, al aumentar la viscosidad del sol.

- La presencia de lípidos polares con actividad de superficie interfiere con la conformación de la lamela.

## Bibliografía

BADUI, S.: *Química de los alimentos*, Ciudad de México: Pearson, 2006.

CHARLEY, H.: *Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*, Ciudad de México: Limusa, 1987.

FENNEMA, O. R.: *Química de los alimentos*, Zaragoza: Acribia, 1993.

GARDA, M. R.: *Técnicas del manejo de los alimentos*, Buenos Aires: Eudeba, 2000.

LINDEN, G. y D. LORIENT: *Bioquímica agroindustrial*, Zaragoza: Acribia, 1996.

PILOSOFF, A. y G. BARTHOLOMAI: *Caracterización funcional y estructural de proteínas*, Buenos Aires: Eudeba, 2000.

SAHIN, S. y S. GÜLÜM SUMNU: *Propiedades físicas de los alimentos*, Acribia, 2006.

SHARMA, S., S. MULVANEY y S. RIZVI: *Ingeniería de alimentos. Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio*, Ciudad de México: Limusa, 2009.



# 5. Lípidos

## Propiedades físico-químicas. Medio de cocción

### 1. Propiedades funcionales

Las propiedades funcionales son propiedades diferentes a las nutricionales que influyen en la utilidad de los constituyentes de los ingredientes de una preparación o alimento.

Influyen en las características sensoriales, como la textura principalmente, pero también en el aspecto, el color y el volumen. Tienen un papel decisivo en el comportamiento físico-químico de los alimentos durante su preparación, transformación o almacenamiento.

- **Sabor/flavor:**

La acción de los aceites y grasas tiene un papel importante en el flavor o gusto de los alimentos. Influyen en la textura y en la sensación en la boca y sirven como medio de transporte y de calentamiento para los sabores. La presencia de aceite/grasa retrasa la volatilidad de las sustancias aromáticas tan importantes para el flavor y cubre los receptores del gusto en la boca, retardando así la respuesta al estímulo.

- **Estabilizante/emulsificante:**

Una emulsión se define como una suspensión o dispersión de un líquido en otro, siendo las moléculas de los dos líquidos inmiscibles. Los triglicéridos (TG) no son buenos emulsificantes, pero sí lo son los mono- y diglicéridos.

- **Textura:**

La textura/estructura de muchos productos alimentarios depende de la interacción de los sólidos grasos con otros constituyentes del producto. Con frecuencia la estructura varía con la temperatura. La estructura del producto se expresa como la sensación que produce en la boca, la cual es crítica para la aceptación de los productos grasos. Por lo tanto, las características de fusión de los ingredientes grasos son muy importantes para la obtención de un producto final masticable, blando, suave o quebradizo.

- **Apariencia:**

Las grasas proporcionan brillo a algunos productos, aspecto seco a otros y una apariencia grasa a algunos alimentos fritos. Generalmente se quiere evitar el aspecto grasoso en algunos productos, pero en otros, como por ejemplo las papas fritas, se prefiere.

- **Polimorfismo:**

Las grasas se diferencian de los aceites en el grado de solidificación a temperatura ambiente, ya que los aceites son líquidos en estas condiciones.

El estado sólido de una grasa no es más que la consecuencia de la aparición de cristales y la proporción de estos es de gran importancia en la determinación de las propiedades físicas

de un producto. Las grasas se consideran sólidas cuando poseen al menos un 10% de sus componentes en estado sólido (cristalino).

Cuando las grasas líquidas se enfrían la pérdida de calor hace más lento el movimiento de las moléculas. Cuando se acercan a muy poca distancia (5 ángstroms) se atraen por fuerzas de Van der Waals, esta atracción se asemeja a como cuando se cierra un cierre. Como resultado de estas atracciones las moléculas de grasa se alinean en forma paralela y se unen para formar cristales. Los cristales a medida que se forman y crecen forman una red tridimensional que confiere rigidez al producto y permite la retención en su interior de grasa líquida aún sin cristalizar.

Una de las características más importantes de las grasas es su polimorfismo cristalino, ya que tanto los TG como los di- y monoglicéridos tienen la capacidad de cristalizar en tres formas diferentes: alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) o beta prima ( $\beta'$ ).

La aparición de un tipo de cristal u otro depende del método de formación. Si la grasa solidifica por un método rápido (nitrogeno líquido), se formarán los cristales alfa, la forma beta aparecerá cuando el enfriamiento sea lento y la beta prima puede obtenerse a partir del atemperado por encima del punto de fusión de la forma alfa. Cada una presenta propiedades físicas diferentes entre sí (punto de fusión, densidad, etc.).

**Plasticidad:**  
Es la propiedad que tiene un cuerpo de mantener su forma resistiendo a una presión que no alcanza un valor determinado.

La plasticidad de una grasa se debe a la presencia de una red tridimensional de cristales en cuyo interior se encuentra inmovilizada grasa líquida. Las grasas plásticas se comportan como un sólido hasta que se le aplique una fuerza deformante que hace que las redes se rompan y en consecuencia la grasa se pueda untar.

**Efecto o poder *shortening*:** la grasa suaviza la pasta hojaldrada al hacer a prueba de agua las partículas de la harina y limitar así el crecimiento del gluten.

**Espuma de grasa:** crema batida.

Una crema batida se estabiliza por una estructura rígida, aunque frágil, formada por una cantidad de glóbulos de grasa sobre la superficie de las burbujas de gas.

A medida que se bate una crema, se incorporan células de aire en el líquido que también contiene gotas de grasa con una capa de emulsificante. Al incorporarse burbujas de aire los glóbulos de grasa liberan parcialmente emulsificante. Parte de la grasa sale del glóbulo y se pone en contacto con la grasa de otro glóbulo, y se adhieren. Así las gotas de grasa comienzan a agruparse. Como resultado de esto la espuma de crema batida se endurece más y más.

### *Lípidos como medio de cocción*

**Fritura por inmersión.**

**Definición:** «Cocción total o parcial de un alimento por inmersión en un cuerpo graso caliente, dando lugar a la formación de una costra o corteza dorada» (Bello Gutiérrez, 1998).

### *Factores que condicionan el producto final*

Es necesario utilizar un aceite adecuado para realizar una fritura en profundidad. Debe recordarse que el aceite no es solo un medio para transferir el calor del recipiente al alimento, sino que es un alimento en sí mismo.

En la fritura profunda es necesario asegurar la absorción de una mínima cantidad de aceite con el fin de lograr una calidad nutricional y sensorial adecuadas.

### *Variables a tener en cuenta con respecto al lípido*

Temperatura y tiempo de cocción:

A bajas temperaturas (menores de 180 °C) es mayor el tiempo de exposición de un alimento durante la cocción y, por lo tanto, absorberá más lípidos. Hay que tener en cuenta que, a menores temperaturas, los lípidos tienen un menor calor específico, por lo que el tiempo transcurrido hasta la deshidratación de la superficie del alimento (costra) es mayor y la absorción se incrementa.

- Estabilidad térmica del lípido - T° de humo:

Los aceites refinados tienen mayor resistencia a la oxidación y son más estables en las temperaturas necesarias para las frituras. A menor punto de humo hay una mayor absorción lipídica por parte del alimento.

El tiempo de uso del aceite en las frituras ocasiona su hidrólisis debido a las altas temperaturas, el aporte de agua y los residuos de alimentos. Todo esto aumenta el contenido de ácidos grasos libres y, por lo tanto, desciende el punto de humo.

Relación alimento-aceite:

Este depende de la temperatura inicial del alimento por cocinar.

Si se introduce un alimento a 20°C la relación alimento-aceite deberá ser 1:5, mientras que si se introduce un alimento a 0°C la relación deberá ser de 1:10. Esto hará que no baje tanto la temperatura del aceite una vez introducido el alimento, para evitar una absorción mayor de lípidos.

- Capacidad térmica del aceite/lípido:

La capacidad térmica del aceite se define como la posibilidad de involucrar energía para la transmisión de calor. Esto varía con la composición química de cada aceite. Para lograr una menor absorción lipídica por parte del alimento es necesario utilizar aceites con alto calor específico (girasol, soja, maíz), ya que tienen mayor energía involucrada en cada grado de temperatura que se eleva. Por lo tanto, un aceite con alto calor específico logra una mayor deshidratación de la corteza que otro con bajo calor específico a la misma temperatura.

- Velocidad de descenso térmico (VDT):

Durante la fritura la temperatura del lípido desciende una vez introducido el alimento, y este descenso variará de acuerdo al calor específico del lípido utilizado. Durante los primeros momentos de la fritura se necesita la mayor cantidad posible para lograr el sellado del alimento y minimizar así la absorción lipídica. Un aceite con una VDT menor otorga al alimento más energía en los primeros segundos de contacto, lo que es imprescindible para la formación de la costra.

## 2. El equipo

El equipo debe ser profundo, con una capacidad acorde con la cantidad de aceite a freír a fin de no provocar derrames. Además, se deben evitar los equipos con metales tales como hierro, cobre o aleaciones que lo contengan (bronce).

Recordar que la fritura por inmersión debe realizarse en un recipiente siempre destapado.

## 3. El alimento

Las partículas de alimentos pueden provocar una mayor degradación del lípido.

## Bibliografía

BADUI, S.: *Química de los alimentos*, Ciudad de México: Pearson, 2006.

BELITZ, H. y W. GROSCH: *Química de los alimentos*, Zaragoza: Editorial Acribia, 1988.

BELLO GUTIÉRREZ, J.: *Ciencia y tecnología culinaria*, Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 1998.

CHARLEY, H.: *Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*, Ciudad de México: Editorial Limusa, 1987.

FENNEMA, O. R.: *Química de los alimentos*, Zaragoza: Editorial Acribia, 1993.

LAWSON, H.: *Aceites y grasas alimentarios. Tecnología, utilización y nutrición*, Zaragoza: Editorial Acribia, 1999.

MEDÍN, R. y S. MEDÍN: *Alimentos: Introducción, técnica y seguridad*, 2.<sup>a</sup> ed., Ediciones Turísticas de Mario Banchik, 2003.

ORDÓÑEZ, J., M. CAMBERO, L. FERNÁNDEZ, L. GARCÍA, G. GARCÍA, L. DE LA HOZ y M. SELGAS: *Tecnología de los alimentos*, Madrid: Editorial Síntesis, 1998, vol. 1.

## 6. Leche

El *Reglamento Bromatológico Nacional, Decreto 315/994* (1994) define *leche* como «[...] el producto integral del ordeño total e ininterrumpido de vacas lecheras sanas [...]». Este alimento está conformado, desde el punto de vista de su composición química, por macronutrientes, micronutrientes y agua. La leche, al igual que la mayoría de los alimentos, es compleja desde el punto de vista de su organización física, por lo tanto estos constituyentes se presentan en tres estados de dispersión:

- Lactosa, vitaminas hidrosolubles, parte de los minerales y algunas sales: existen como solución verdadera
- Proteínas del suero y caseínas: forman dispersiones coloidales.
- Glóbulos grasos y vitaminas liposolubles: constituyen una emulsión.

A continuación se mencionan algunas características de estos constituyentes, con el fin de facilitar la comprensión y el desarrollo de las propiedades funcionales de estos, las cuales se mencionan más adelante en este capítulo.

### Características de algunos constituyentes:

#### Caseínas

Son insolubles en medio débilmente ácido (pH 4,6 que corresponde a su punto isoelectrico) y a la concentración de calcio del suero lácteo. Carecen de estructura terciaria y cuaternaria definida por su alto contenido en prolina y además poseen regiones apolares y polares bien definidas que originan una estructura anfipática.

Todas las caseínas existen con fosfato de calcio en una esfera altamente hidratada denominada *micela de caseína*.

Son proteínas insolubles en medio débilmente ácido, precipitan a pH 4,6 (que corresponde a su punto isoelectrico) y a 20°C. Existen cuatro fracciones diferenciadas por su movilidad electroforética. Algunas de estas fracciones son sensibles también a altas concentraciones de calcio. Carecen de estructura terciaria y cuaternaria, debido a su alto contenido en prolina. A su vez, poseen regiones apolares y polares bien definidas que originan una estructura anfipática.

Todas las caseínas existen con fosfato de calcio en una esfera altamente hidratada denominada micela de caseína.

#### Proteínas del suero

A diferencia de las caseínas, las proteínas del suero son compactas, globulares. Tienen una distribución bastante uniforme de la secuencia de residuos polares y no polares y son solubles en presencia de calcio. Son muy sensibles a las temperaturas altas, y no así al pH ácido, debido a que se estabilizan por hidratación, no por carga.

Contienen la mayoría de los aminoácidos y presentan un mejor balance de estos que las propias caseínas, por lo que su valor nutritivo es superior.

## Lípidos

Aproximadamente el 98 % del total de los lípidos corresponde a los triglicéridos y, por lo tanto, las propiedades físicas y químicas de la leche son un reflejo de los ácidos grasos que contienen (2/3 son ácidos grasos saturados). Se organizan en una estructura denominada glóbulo graso.

## Lactosa

Presenta propiedades físicas y químicas.

Las propiedades físicas son:

- Bajo poder edulcorante: posee sabor dulce débil, aproximadamente una quinta parte del correspondiente a la sacarosa. A su vez, la beta lactosa es más dulce que la alfa lactosa, siendo este fenómeno aun mayor en solución que en forma cristalina.
- Fácil cristalización: tiene gran importancia práctica ya que puede cristalizar en determinados productos lácteos y afectar sus características sensoriales. Si cristaliza a una temperatura menor a 93,5°C se produce la alfa lactosa, que tiene un cristal duro y es la de mayor tamaño, perceptible al paladar. Si la temperatura es superior a 93,5°C se obtiene la beta lactosa, en forma de pequeñas agujas que son más estables, de menor tamaño y poseen mayor dulzor que la anterior. Si la cristalización se lleva a cabo de forma lenta trae consigo la aparición de pocos cristales pero de gran tamaño, duros y poco solubles. Si este proceso es forzado y rápido se da lugar a la formación de pequeños cristales imperceptibles.
- Baja solubilidad: comparada con la de otros azúcares, la lactosa posee escasa solubilidad.

Las propiedades químicas son:

- Azúcar reductor: al poseer un grupo aldehído libre, la lactosa puede reaccionar con sustancias nitrogenadas y desencadenar la reacción de Maillard.
- Fermentable por lactobacilos: estos microorganismos utilizan la lactosa como sustrato y la metabolizan para dar lugar a compuestos de menor masa molecular, entre ellos el ácido láctico.

## Sales

La sal de mayor importancia en la leche es el fosfato de calcio. Se encuentra en fase coloidal (dentro de las micelas) en equilibrio con la fase soluble.

Es de fundamental importancia para la estabilidad de las micelas: a pH ácido el fosfato de calcio se solubiliza, pasa al suero lácteo y se desestabiliza la micela. Con el incremento de temperatura desciende levemente el pH y por lo tanto pasa al suero. Al disminuir la temperatura el fosfato de calcio se vuelve coloidal y aumenta la interacción entre las micelas.

## Propiedades funcionales de los constituyentes de la leche

Las propiedades funcionales son propiedades diferentes a las nutricionales que poseen los constituyentes de la leche. (Ver capítulo «Sistemas dispersos» de esta publicación).

Las propiedades funcionales se clasifican en:

- Propiedades de hidratación: estudiamos cómo se relacionan los componentes del alimento con el agua. Ejemplo: solubilidad, viscosidad e hidratación.
- Propiedades de estructuración: estudiamos cómo se relacionan los componentes del alimento entre sí. Ejemplo: gelificación y coagulación.
- Propiedades de superficie: estudiamos aquellas macromoléculas con actividad de superficie. Ejemplo: capacidad espumante, emulsificante y fijación de aroma.

Las propiedades funcionales en los constituyentes de la leche son:

### Propiedades de hidratación

1. Solubilidad: es el porcentaje de la macromolécula que se mantiene en dispersión coloidal y que no sedimenta cuando se le aplican fuerzas centrífugas moderadas. Depende de la estructura tridimensional, la temperatura y el pH de la molécula.
  - Caseínas: son insolubles en su punto isoeléctrico (pH 4,6). En estas condiciones de pH, la carga neta de las micelas se neutraliza y se aproximan entre sí, es decir, se tornan insolubles y precipitan. El sistema resultante puede ser un coágulo o un gel, deseable, por ejemplo, en la fabricación de queso, yogur y leches fermentadas.
  - Proteínas del suero: son muy solubles a todos los pH, si no se desnaturalizaron térmicamente con anterioridad. A partir de los 70 °C, las proteínas se vuelven insolubles y precipitan.
2. Hidratación: las proteínas permanecen dispersas en el agua, en parte debido a que las moléculas se hidratan. El agua se une a los grupos polares sobre la superficie de la molécula de proteína por medio de puentes de hidrógeno. Otras moléculas de agua se unen a estas primeras y así sucesivamente, conformando esferas de agua enlazadas protectoras que mantienen a las proteínas dispersas.
  - Caseínas y proteínas del suero: poseen elevada capacidad de retención de agua (CRA), es decir, mantienen un porcentaje importante de agua en su estructura. Debido a esto es que se utiliza la leche como ingrediente en preparaciones que necesitan mantener cierto grado de humedad, como bizcochuelos, cremas, salsas, etc.
3. Viscosidad: es el resultado del incremento de las interacciones moleculares. Al aumentar el tamaño de las proteínas aumenta la fricción entre ellas y, por lo tanto, la viscosidad.
  - Caseínas: mayor peso molecular que las seroproteínas, por lo tanto, aportan en mayor medida a la viscosidad. Los lípidos de la leche también son importantes, a medida que aumenta el contenido lipídico aumenta la viscosidad. Debido a esto es fácil observar la diferencia en la viscosidad de la leche entera y la descremada, por ejemplo, donde lo que varía es la cantidad de grasa.

### Propiedades de estructuración

- Gelificación:  
Un ejemplo es la fabricación de queso, producto de la desestabilización enzimática de las micelas de caseína.  
La quimosina es la enzima responsable de esta desestabilización. Causa la división del

enlace peptídico específico fenilalanina-metionina de la caseína kappa, separando la porción rica en hidratos de carbono del remanente hidrofóbico primario, designado para kappa caseína. Con la pérdida de la porción hidrofílica de la molécula, el resto de la caseína kappa ya no estabiliza a las micelas, que se aproximan unas a otras y se unen para formar una red tridimensional que atrape la fase acuosa de la leche. Se forma un gel. Las proteínas del suero quedan como sobrenadante en la fabricación del queso, utilizándose para otros fines.

La quimosina no desplaza el calcio de la micela, de manera que el coágulo formado es el fosfocaseinato de calcio.

- Coagulación:

Podemos ejemplificarla con la desestabilización ácida de las micelas de caseína en la formación de yogur.

En este caso, los lactobacilos convierten la lactosa de la leche en ácido láctico. La disminución del pH, a medida que se acumula el ácido, favorece la inestabilidad del complejo micelar y da lugar a la coagulación de la leche. Allí las macromoléculas comienzan a relacionarse entre sí, formando una red tridimensional denominada *coágulo*. En este caso, las proteínas del suero no son expulsadas del sistema. El ácido así formado sí extrae las sales de calcio de las micelas de caseínas.

## Propiedades de superficie

1. Caseínas: poseen excelente capacidad emulsionante y espumante debido a su naturaleza anfifílica, que les otorga la propiedad de relacionarse con zonas hidrofóbicas e hidrofílicas. Además, por poseer una estructura abierta, se encuentran desplegadas en la interfase, disminuyendo la tensión superficial.
2. Proteínas del suero: poseen buena capacidad espumante, ya que con el aumento de temperatura se desnaturalizan y se colocan en la interfase, disminuyendo la tensión superficial.

## Cambios físicos y químicos durante la manipulación de la leche

### Efecto del calor

#### *Sobre las proteínas*

Las caseínas no son sensibles a los tratamientos térmicos, solamente pueden llegar a afectarse a temperaturas de esterilización.

Las proteínas del suero son termosensibles y comienzan su desnaturalización a los 70 °C. La degradación de la beta lactoglobulina es la responsable del olor a cocido de la leche hervida y la formación de espuma durante el calentamiento se debe a que las proteínas del suero desnaturalizadas se sitúan en la interfase líquido-aire.

#### *Sobre la lactosa*

Normalmente este azúcar no es afectado por los tratamientos térmicos, solo en casos extremos de calentamiento suceden cambios químicos en su estructura. En este caso, su

degradación térmica tiene como consecuencia la formación de algunos ácidos (fórmico, láctico, acético, pirúvico y propiónico), además de coloraciones oscuras producto de la reacción de Maillard.

#### *Sobre los lípidos*

La estabilidad del glóbulo de grasa depende de la integridad de su membrana. El incremento de la temperatura produce coalescencia (ruptura de la membrana) y formación de nata.

#### *Sobre las sales*

El fosfato de calcio se vuelve más soluble a medida que aumenta la temperatura, pasando al suero lácteo y desestabilizando la micela de caseína.

#### *Sobre las vitaminas y minerales*

Las más termosensibles son las hidrosolubles, que principalmente se encuentran en el suero lácteo.

### **Efectos visibles del calentamiento de la leche**

Son la formación de nata y película en el fondo y paredes del recipiente, además del olor a cocido. No solamente tiene consecuencias desde el punto de vista sensorial, sino también puede disminuir la calidad nutricional.

### **Efecto del descenso de temperatura**

#### *Sobre la lactosa*

Este azúcar cristaliza, por lo tanto hay que tener en cuenta las condiciones de cristalización para poder determinar el tamaño final de los cristales. Los beta son pequeños e imperceptibles, y se ven favorecidos en condiciones de cristalización rápida. Si el proceso se lleva a cabo de forma lenta, predominan los cristales alfa, de gran tamaño y perceptibles al paladar. La arenosidad de los productos lácteos, como en los helados, se debe a la formación de estos cristales.

#### *Sobre las proteínas*

Sufren modificaciones físicas que afectan su sistema de estabilidad. La precipitación de las caseínas es la consecuencia principal y está directamente relacionada con los cambios del fosfato de calcio a bajas temperaturas. Durante el congelamiento aumenta la concentración de esta sal en las micelas, lo que hace que las caseínas se puedan unir a través de puentes de calcio y formar grandes agregados que fácilmente precipitan al descongelarse.

#### *Sobre los lípidos*

Durante la refrigeración puede suceder la aglutinación de los glóbulos de grasa.

En el congelamiento aumenta la inestabilidad de la fase lipídica debido a su cristalización y la posterior ruptura de la membrana del glóbulo. En productos con un alto contenido de lípidos esto es más notorio ya que fácilmente puede formarse una capa de grasa sobre el alimento.

### *Sobre las sales*

El fosfato de calcio se vuelve menos soluble a medida que se incrementa la temperatura, aumentando la concentración dentro de la micela y favoreciendo la interacción intermicelar.

## Bibliografía

- BADUI, S.: *Química de los alimentos*, Ciudad de México: Pearson, 2006.
- BELITZ, H. y W. GROSCH: *Química de los alimentos*, Zaragoza: Acribia, 1988.
- COENDERS, A.: *Química culinaria*, Zaragoza: Acribia, 1996.
- CHARLEY, H.: *Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*, Ciudad de México: Limusa, 1987.
- FENNEMA, O. R.: *Química de los alimentos*, Zaragoza: Acribia, 1993.
- FOX, B. y A. CAMERON: *Ciencia de los alimentos, nutrición y salud*, Ciudad de México: Limusa, 1992.
- GARDA, M. R.: *Técnicas del manejo de los alimentos*, Buenos Aires: Eudeba, 2000.
- ORDÓÑEZ, J. M. CAMBERO, L. FERNÁNDEZ, L. GARCÍA, G. GARCÍA, L. DE LA HOZ y M. SELGAS: *Tecnología de los alimentos*, Madrid: Síntesis, 1998, vol. 2.
- Reglamento Bromatológico Nacional. Decreto 315/994*. Montevideo: IMPO, 1994. VARNAM, A. y J. SUTHERLAND: *Leche y productos lácteos: tecnología, química y microbiología*, serie 1: «Alimentos básicos», Zaragoza: Acribia, 1994.

# 7. Carnes

## Definición y estructura física

### Definiciones

Se denomina *carne* a la parte muscular comestible de bovinos (vacas), ovinos (ovejas), caprinos (cabras), suinos (porcinos), equinos (caballos), aves, conejos y animales de caza. Está constituida por todos los tejidos que rodean el esqueleto, incluyendo su cobertura grasa, tendones, vasos nerviosos, aponeurosis, ligamentos, cartílagos y tejidos no separados en la faena, excepto corazón, esófago y lengua (*Reglamento Bromatológico Nacional. Decreto 315/994, 1994, en adelante RBN*).

Desde un punto de vista bromatológico, la carne es el resultado de la transformación del tejido muscular tras el sacrificio del animal de abasto, gracias a ciertos procesos físico-químicos y bioquímicos. Estos cambios dan lugar a un producto que adquiere una serie de características organolépticas (color, textura, olor y sabor). Desde un punto de vista legal, la carne es el conjunto de músculos esqueléticos de los animales de abasto que se utiliza como alimento, junto con el correspondiente tejido conectivo, vasos, nervios y tejido grasa. Pero, además de la musculatura esquelética de los animales de sangre caliente, se encuentra también utilidad como alimento en otras partes que la acompañan, como la grasa, las vísceras o la sangre.

### Estructura física

El tejido predominante en la carne es el tejido muscular, que al microscopio aparece formado por células pequeñas, alargadas en forma de hebra, ordenadas en forma paralela, a las que se llama *fibras musculares*. Su grosor y longitud varía extraordinariamente, no solo entre distintos músculos, sino incluso dentro del mismo músculo; en ocasiones llegan a superar los 30 cm. El grosor de las fibras depende de la edad, del estado nutricional del animal y del ejercicio físico. Cada célula o fibra muscular está delimitada por su propia membrana celular (sarcolema). Dentro de cada fibra se encuentran las miofibrillas, bastoncitos cilíndricos largos y finos, en un total de 1.000 a 2.000 por cada célula, que conforman el aparato contráctil. Vistas en un corte transversal, las miofibrillas presentan una serie de puntos perfectamente ordenados, de distinto tamaño; son las proteínas miofibrilares: miosina y actina. La miosina está situada en el centro, rodeada por seis filamentos de actina, de los que depende la contracción muscular. Cada una de las proteínas miofibrilares tiene una posición específica que le confiere una mayor o menor densidad óptica por su estructura, pero que, por degradación enzimática, se ve afectada durante la maduración.

El sarcolema está rodeado por una envoltura de tejido conectivo denominado *endomisio*. Entre veinte y cuarenta fibras musculares se agrupan formando los haces primarios, que se rodean de otra envoltura conectiva denominada *perimisio*. Los haces primarios, a su vez, se agrupan en haces secundarios, y la envuelta conectiva que los rodea se denomina *epimisio*. Junto a esta estructura se encuentran los vasos sanguíneos y las terminaciones nerviosas. Los músculos quedan unidos entre sí por fascias, y a los huesos por tendones.

A lo largo de las fibras musculares se encuentran bandas oscuras y claras alternadas. Esto se debe a la forma en la que están distribuidas las fibrillas y sus subunidades, los miofilamentos. Estos son de dos tipos: gruesos y finos, y se ubican alternadamente a lo largo de la fibrilla. En la estructura del músculo, los sarcómeros (unidad funcional del músculo) están delimitados por dos líneas Z. Los filamentos gruesos están formados por miosina, y cada molécula consiste en un bastón largo y delgado que termina con una estructura globular en uno de sus extremos. Los filamentos finos, más cortos que los gruesos, están recubiertos principalmente por actina. Estrechamente unidos a estos filamentos se encuentran dos proteínas reguladoras: la tropomiosina y la troponina.

Otro tejido presente en la carne es el tejido conectivo. Este cumple la función de unión o sostén que mantiene en su lugar las fibras musculares, los huesos y la grasa de la carne. Lo integran el colágeno y la elastina.

El colágeno es de color blanco perlado y mantiene unidas las fibras musculares. Contiene 30% de glicina y 25% de prolina e hidroxiprolina. Forma una estructura de triple hélice que está constituida por la unidad de tropocolágeno que en la masticación de la carne produce la rigidez y resistencia.

La elastina se presenta en la forma de fibras filamentosas. Su espesor y distribución son variables. Durante la cocción se hincha y se estira, aunque no se dispersa. No se ve afectada por la cocción, pero sí puede verse modificada por procedimientos mecánicos.

Como se detalla en el apartado «Cualidades organolépticas de la carne», la mioglobina es uno de los principales pigmentos de la carne y por lo tanto el principal responsable de su color.

## Composición química cuali- y cuantitativa

La musculatura, una vez liberada de la grasa que normalmente la acompaña, es relativamente constante en una amplia diversidad de animales. Contiene como promedio un 76% de agua, un 21,5% de proteínas y otras sustancias nitrogenadas, 3 a 13% de grasa y un 1% de minerales. Se pueden apreciar, además, cantidades variables de hidratos de carbono (0,05-0,2%).

### Proteínas

La mayor parte de las sustancias nitrogenadas de la carne está constituida por proteínas, que casi siempre son el componente más abundante en la carne, superado únicamente por el agua. Del contenido total de nitrógeno del músculo, aproximadamente el 95% es proteína, y el 5% son pequeños péptidos, aminoácidos y otros compuestos. Las proteínas de la carne son, en esencia, muy similares en todos los animales, y tanto el contenido como el tipo de aminoácidos es prácticamente el mismo en las diferentes especies. Las proteínas se pueden clasificar, según su solubilidad, en tres grandes grupos:

- Proteínas sarcoplásmicas: son solubles en agua o en tampones de poca fuerza iónica. A este grupo pertenecen dos tipos principales de proteínas: el primero, compuesto por enzimas, y el segundo, por sustancias que participan en el color de la carne, como la mioglobina y pequeñas cantidades de hemoglobina, dado que esta se elimina, en su mayoría, durante el desangrado del animal en el matadero.
- Proteínas miofibrilares: son las más abundantes, constituyen el 65-75% del total de las proteínas musculares. En este grupo se incluye un gran número de proteínas asociadas a los filamentos gruesos y delgados del tejido muscular. Se destacan la

actina, la miosina, la actomiosina, la tropomiosina, la troponina, las actininas, y las proteínas C y M. Todas estas proteínas tienen, de una u otra forma, una gran importancia en los cambios bioquímicos que suceden tras el sacrificio del animal.

- Proteínas insolubles o del estroma: constituyen las fibras extracelulares de colágeno, elastina y reticulina, que, a su vez, forman parte del tejido conectivo típico que recubre las fibras y haces musculares.

El principal valor nutritivo de la carne consiste en ser una excelente fuente de proteínas, en cantidad y calidad. La proteína cárnica es de alta calidad debido a la presencia y el equilibrio de aminoácidos esenciales para la especie humana. El valor biológico de esta proteína es de 0,75 (el de la leche humana es 1,0 y el de la proteína de trigo 0,50). Cuando se comparan los contenidos en aminoácidos esenciales de las proteínas cárnicas de diversas especies animales, pueden observarse algunas diferencias, que en ocasiones se deben a la influencia de factores como la edad o la alimentación.

Con respecto a la calidad proteica del colágeno, esta no es de alto valor biológico, ya que es limitante en los aminoácidos triptófano y metionina. Sin embargo, sobresale el contenido de hidroxiprolina, glicina y prolina.

La digestibilidad de la proteína cárnica depende de cuánto esta se degrade en contacto con los jugos gástricos. En el caso de la proteína cárnica, su digestibilidad es de entre 94 y 97%, mientras que la de las proteínas vegetales es de 78 a 88%. Un factor a considerar en relación con la digestibilidad es el contenido de tejido conectivo, especialmente de colágeno y elastina. Las piezas de categoría comercial de segunda o tercera poseen una mayor proporción de tejido conectivo.

## Lípidos

Los lípidos resultan imprescindibles para la aceptabilidad de la carne, ya que su concentración y la composición de cada una de las fracciones lipídicas influyen de manera importante en las propiedades organolépticas (textura, jugosidad, sabor, aroma, color, etc.) de los alimentos cocinados. Tampoco hay que olvidar que las grasas aportan ácidos grasos esenciales y son vehículo de vitaminas liposolubles, especialmente de la vitamina A.

El contenido lipídico del principal componente de la carne —el músculo— es muy variable, aproximadamente del 1,5 al 13%, y se trata fundamentalmente de lípidos de depósito y estructurales. Los lípidos de depósito son la fuente de energía celular. Están constituidos por ésteres del glicerol con ácidos grasos, con predominio de los triglicéridos, aunque también pueden contener pequeñas cantidades de monoglicéridos, diglicéridos y ácidos grasos libres. Aunque algunos lípidos neutros están presentes como acúmulos microscópicos en el interior de las células musculares, la mayoría se localiza en los adipocitos del tejido conectivo laxo que se encuentra entre los haces musculares, principalmente en el perimisio. Este depósito corresponde a la grasa intramuscular, es conocido también como *veteado* o *marmorización* y presenta grandes diferencias según el tipo de músculo, especie, raza, tejido, dieta e influencias medioambientales. Además de los lípidos de depósito, en las membranas celulares existen lípidos estructurales, entre los que se encuentran los fosfolípidos y el colesterol.

Los ácidos grasos que forman parte de las grasas animales difieren en la longitud de la cadena hidrocarbonada y en el número y tipo de enlaces que unen los átomos de carbono. Los principales ácidos grasos saturados de la carne son, de mayor a menor concentración: palmítico (16:0), esteárico (18:0) y mirístico (14:0). El ácido oleico (18:1 n-9) es el

monoinsaturado más abundante, seguido del palmitoleico (16:1 n-7). Los ácidos linoleico (18:2 n-6),  $\alpha$ -linolénico (18:3 n-3) y araquidónico (20:4 n-6) son los principales ácidos grasos poliinsaturados (AGPI). Los ácidos grasos saturados y monoinsaturados son los mayoritarios en los triglicéridos de la grasa de la carne. La carne de pollo presenta un mayor contenido de AGPI que las carnes rojas y los músculos del conejo tienen una mayor proporción de AGPI que los de pollo.

## Hidratos de carbono

En la carne, los hidratos de carbono están representados principalmente por el glucógeno, polisacárido formado por moléculas de glucosa que tiene una gran influencia en los cambios musculares tras el sacrificio. Tras la muerte, el glucógeno muscular es degradado rápidamente y da como producto final ácido láctico, fundamentalmente. El contenido de glucógeno no tiene, en realidad, ningún significado desde el punto de vista nutritivo; sin embargo, es esencial para la acidificación *post mortem* de la carne (pH final) y tiene una importante repercusión sobre su sabor, textura e, incluso, en la conservación.

## Minerales

La carne contiene todas las sustancias minerales que son necesarias para el organismo humano.

Los niveles de hierro son especialmente destacables, y ningún otro alimento de la dieta posee una biodisponibilidad de este elemento tan elevada como las carnes rojas, ya que se encuentra en forma de hierro hemo (en la hemoglobina y mioglobina del músculo), que se absorbe de forma más eficiente que el hierro no hemo, presente, por ejemplo, en los alimentos de origen vegetal. En general, se puede decir que la carne de vacuno es más rica en este elemento que la de ternera o la de cerdo, y, en el caso de las aves, es más abundante en el pavo que en la carne de pollo.

Además, alrededor del 70% del zinc consumido por la población en países desarrollados lo proporcionan los productos de origen animal, especialmente la carne.

## Vitaminas

La carne es también una importante fuente de vitaminas hidrosolubles, principalmente del complejo B (tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico y ácido fólico).

Las vitaminas liposolubles se encuentran, lógicamente, en la grasa de la carne, especialmente en las vísceras. El hígado es la principal fuente de vitamina A.

## Cualidades organolépticas de la carne

En la carne, el color, la dureza, el sabor y el aroma son los atributos sensoriales que tienen mayor importancia en la determinación de la calidad.

El sabor es habitualmente importante solo en sentido negativo, cuando aparecen sabores desagradables.

El color es el factor más importante para la selección inicial. En las carnes rojas, un color rojo brillante es un determinante positivo de la calidad.

Se conocen dos defectos específicos de la carne que afectan el color y la textura. El color de la carne depende de la concentración y la forma química de los pigmentos musculares, así como de la tasa de caída y el valor final del pH. La mioglobina es el pigmento más abundante de la carne (90 %), si bien existen pequeñas cantidades de hemoglobina,

citocromos y flavinas. La hemoglobina, que químicamente es muy similar a la mioglobina, está presente especialmente si el desangrado ha sido inadecuado.

### *Color*

El contenido de mioglobina en los músculos, y por tanto el color de la carne, varían considerablemente según las especies. Una carne oscura como la de vacuno, por ejemplo, contiene 4-10 mg/g de tejido (y hasta 20 mg/g en el vacuno viejo), mientras que la de cerdo y la de ternera contienen más de 3 mg/g de tejido húmedo. También hay diferencias entre animales de la misma especie y entre músculos del mismo animal. Los niveles de mioglobina varían según la raza y la edad: la concentración aumenta con el tiempo. A su vez, la carne de los machos tiene más mioglobina que la de las hembras.

La función de la mioglobina en el animal vivo es el almacenamiento de oxígeno y, por lo tanto, los niveles son más altos en los músculos con mayor carga de trabajo. Los músculos de la pierna contienen más mioglobina y son más oscuros, por ejemplo, que el lomo.

La molécula de mioglobina está constituida por una proteína, la globina, y un grupo hemo, formado por cuatro anillos de pirrol y un núcleo central de hierro, normalmente con valencia II, cuya función es la de almacenar oxígeno. Este hierro se une por cuatro enlaces a los átomos de nitrógeno de los anillos pirrólicos; la posición quinta está unida al átomo de nitrógeno del grupo imidazol de la globina, y la sexta posición de coordinación queda lista para unirse a cualquier molécula (O<sub>2</sub>, CO, NO, etc.). La naturaleza de este sexto ligando y el estado de oxidación del hierro<sup>2+</sup> son los responsables del color de la carne. Si la sexta posición de coordinación está vacía y el hierro aparece en forma reducida, el color de la carne es rojo púrpura (mioglobina); si está ocupada por oxígeno, la mioglobina está oxigenada (oximioglobina) y presenta un color rojo brillante, y si en la sexta posición se aloja agua y el hierro se encuentra en estado férrico, la mioglobina está oxidada (metamioglobina) y la carne adquiere un color pardo. El pH también afecta a la estabilidad del color de la carne fresca almacenada: valores bajos de pH favorecen la oxidación de la mioglobina y la consiguiente formación de metamioglobina. En los derivados cárnicos tratados con nitritos, se forma nitrosomioglobina de coloraciones rosáceas.

### *Textura*

La dureza de la carne es consecuencia de factores intrínsecos, como son el tipo de músculo y los fenómenos *post mortem* involucrados en la instauración y resolución del proceso de *rigor mortis*. Durante la maduración de la carne se produce la degradación proteica de la unidad de contracción muscular, debido a la actuación de enzimas musculares, con la consiguiente pérdida de la dureza. Si durante la maduración se aplican altas temperaturas, se ve favorecida la actividad enzimática. El pH final de la carne también regula esta actividad.

Por su lado, una glucólisis excesivamente rápida es perjudicial para la textura, debido a que la desnaturalización proteica y la pérdida de capacidad de retención de agua ablandan la carne.

Con respecto al tipo de músculo, los que poseen mayor diámetro y número de fibras musculares, así como mayor cantidad de tejido conjuntivo, serán más duros y, por lo tanto, más difíciles de masticar.

El tratamiento por calor suele mejorar las propiedades de la carne al aumentar su grado de ternura y jugosidad, ya que el colágeno de las carnes ricas en tejido conjuntivo se transforma en gelatina si se aplican temperaturas de cocinado de entre 85 y 100°C.

### *Jugosidad*

La jugosidad es una cualidad organoléptica que se encuentra estrechamente ligada a la capacidad de retener agua que poseen las proteínas del tejido muscular. Las distintas formas en las que pueden presentarse las moléculas de agua de una pieza de carne desempeñan un papel fundamental en su jugosidad. De acuerdo con ella, la carne retiene en mayor o menor cantidad una porción de agua que, cuando se mastica, provoca la sensación de jugosidad, o la expulsa en forma de exudado. La exudación depende de la cantidad de líquido que libera la estructura proteica muscular y de la facilidad que tenga este líquido para salir de dicha estructura. Las pérdidas de líquido de la carne están influenciadas por los siguientes factores: edad, sexo, alimentación, estrés *ante mortem*, métodos de sacrificio, tiempo y temperatura de almacenamiento, y propiedades de la carne, especialmente pH, contenido de humedad y grasa intramuscular.

### Modificaciones nutricionales y sensoriales en la preparación de alimentos

Las modificaciones que se producen en la carne durante la preparación por aplicación de calor se dan en:

- el flavor,
- el aspecto y
- la estructura.

Durante la cocción disminuye la carga de microorganismos, se produce la coagulación de las proteínas y la salida del jugo. También disminuye la capacidad de retención de agua (CRA) ligada y se produce el desarrollo de color característico y el ablandamiento de la carne por transformación parcial del colágeno en gelatina.

En lo que refiere a la modificación del color de la carne por aplicación de calor, esta se produce por la transformación de la mioglobina en oximioglobina de color rojo brillante, lo que produce la desnaturalización de la unidad proteica del pigmento, luego, el hierro ferroso se oxida pasando a férrico y la carne adopta el color café grisáceo del hemocromo de globina desnaturalizado.

En la carne cocida, el olor y el gusto son producto de la desnaturalización de los aminoácidos de las proteínas. Los compuestos originados son aminas, amoníaco, ácido sulfhídrico y ácidos alifáticos.

Otra modificación que se produce durante la cocción es la pérdida de peso de la pieza de carne. Esto se debe a que las temperaturas elevadas desnaturalizan las proteínas y disminuyen la CRA. Estas pérdidas dependen del tipo de carne, su tiempo de cocción y la temperatura que alcance. La pérdida de peso no solo se produce por disminución de agua, sino que además las temperaturas elevadas funden parte de la grasa y destruyen estructuras, las fibras musculares se contraen tanto en largo como en ancho y expulsan agua.

La CRA es la medida de la capacidad para mantener el contenido acuoso del sistema durante la aplicación de fuerzas externas (compresión, impacto) o a lo largo de un proceso (maduración, cocción, congelación). La capacidad de retener agua puede ser total o parcial y afecta características sensoriales como el aspecto (forma y color), la textura (terneza y jugosidad), el olor y el sabor; también influye sobre el valor nutricional y el rendimiento de la carne. La mayor parte del agua en el músculo está en la estructura celular dentro y entre las miofibrillas, entre las fibras (endomisio) y entre las envolturas musculares. El agua puede estar ligada a las proteínas en una red tridimensional, débilmente ligada o inmobilizada, o como agua libre (95%). El agua libre está débilmente unida, es muy dependiente de los

espacios capilares entre y dentro de las proteínas (según la estructura muscular). Todo lo que altere la estructura proteica y espacial afectará la retención de agua. La cantidad de agua retenida dependerá del espacio disponible; todos los agentes que disminuyan la cohesión entre las cadenas proteicas aumentan la CRA. La CRA se modifica por el pH, por la sal y por el fosfato.

- pH: cuando las proteínas alcanzan su punto isoeléctrico, el agua ligada es mínima (aprox. pH 5). Por encima o por debajo de este valor aparecen cargas y comienza a captarse agua.
- Sal (NaCl): incrementa la carga negativa de las proteínas, incrementa la retención de agua.
- Fosfato (PO<sub>4</sub>): son aniones (-) y compiten con el cloro, aumentando la retención de agua. 4

Otros ingredientes que modifican la CRA son las proteínas (soja, suero, colágeno), los hidratos de carbono (jarabe de maíz, almidones, féculas) y los hidrocoloides (carragenina).

La temperatura alcanzada mediante el calentamiento desnatura las proteínas y disminuye la CRA. Según el tipo de proteína, el proceso de desnaturación se produce entre los 40 °C y los 50 °C.

## Modificaciones según la temperatura

A los 40 °C, las moléculas proteicas empiezan a desplegarse; a los 50 °C, las fibras se acortan y expulsan agua; a los 60 °C, la carne es de color rojo brillante y pierde jugo, la superficie es de color café porque contiene hemicromo de globina desnaturizada; a los 71 °C, el interior es rosado, debido a que se ha desnaturizado la mayor parte de la mioglobina y ya no retiene oxígeno; a los 80 °C, las paredes celulares se agrietan, el agua queda retenida por el colágeno y la red gelificada de proteínas aumenta la terneza, el contenido graso tiende a salir de las células y el color es grisáceo.

El color de la superficie depende del método de cocción aplicado. En la aplicación de calor seco, como horno o fritura, la superficie se deshidrata y se forma la costra de tostación de color pardo, debido al pardeamiento no enzimático (reacción de Maillard). En los métodos de cocción como hervido y microondas, al no superarse los 100 °C, no hay tanta deshidratación superficial ni se produce la costra de tostación.

## Modificaciones nutricionales

Las modificaciones nutricionales que ocurren en la cocción de las carnes varían en función del método de cocción aplicado. Las proteínas se modifican sin perder su valor nutritivo. La grasa se va fundiendo y expulsando desde las áreas de almacenamiento a medida que el tejido conectivo se retrae. O sea, hay una pérdida por goteo. Existe una pérdida variable de vitaminas hidrosolubles del grupo B, que se exudan con los jugos y los caldos. La mayor pérdida la constituye la tiamina.

## Modificaciones de las características organolépticas

*Jugosidad:* la pérdida de jugosidad es proporcional a la falta de jugosidad de la carne en el paladar. Esta debe dar una sensación de humedad en los primeros movimientos masticatorios, debido a la salida rápida del agua y de la grasa.

*Textura y dureza:* la textura está relacionada con el tamaño de las fibras musculares y con la cantidad de tejido que rodea a las fibras. La dureza aumenta con la edad por lo que

es mayor en los animales adultos. El grado de dureza está determinado por las proteínas, como el tejido conectivo (colágeno y elastina), las miofibrillas (actina y miosina) y las sarcoplasmáticas. La grasa intramuscular diluye el tejido conectivo en el que se deposita y disminuye la dureza.

En cuanto a la calidad sensorial podemos citar el desarrollo de las cualidades de flavor, aroma, textura, gusto, olor y color.

El flavor de la carne es producido por la modificación del tejido magro y el desarrollo de compuestos azufrados, aminos y reacciones de Maillard (ribosa de ácidos nucleicos). El aroma es producido por los lípidos, por características de cada especie y por reacciones de oxidación, hidrólisis, lactonas, etc. Si la carne es recalentada se autooxidan las grasas y el sabor es diferente. Este efecto es menos notorio si se calienta a microondas. En cuanto a la textura, se pueden mencionar aspectos relacionados con la ternera y la jugosidad de la carne. La relación entre ternera y dureza es una sensación mecánica. Se modifica con la preparación culinaria (ablandamiento de colágeno y endurecimiento por coagulación de proteína). La jugosidad es aportada por el agua y la grasa. Al desnaturalizarse las miofibrillas disminuye la CRA y el jugo, que también puede tener grasa, se pierde. La grasa superficial puede entrar en la carne y lubricar las fibras, esto aumenta las calorías, da sabor y aroma, pero no ternera. La pérdida de jugo es directamente proporcional a la falta de jugosidad de la carne al paladar. Esto da una sensación húmeda en los primeros movimientos masticatorios por la salida rápida de los jugos y una sensación sostenida debido a la grasa. La sensación de blandura se percibe de acuerdo a la facilidad con que los dientes entran en el tejido y lo desgarran y al residuo que queda luego de la masticación. La grasa intramuscular diluye los elementos del tejido conectivo en que se deposita, a esto se debe la menor dureza de la carne vacuna de animales de buena calidad y bien alimentados. El salado en la superficie de la carne puede inducir a la exudación y extracción de proteínas, lo que resulta en la pérdida de jugos y en una mayor dureza; para evitarlo, es conveniente salar la carne luego del sellado de la superficie. Con relación al gusto, el olor y el sabor, según la bibliografía consultada, el gusto de la carne cruda es débil, dulce, salino; en la carne cocida, el olor y el gusto son originados por la destrucción de los aminoácidos de las proteínas al romperse las fibras. Los compuestos originados durante la cocción son aminos, amoníaco, ácidos sulfhídricos, ácido acético y ácido propiónico. El sabor de la carne cruda es característico, parecido al del suero, con olor poco marcado; la carne cocida debe su sabor a componentes volátiles lipídicos y productos de la reacción de Maillard.

Con respecto al color, como se mencionó en el apartado «Modificaciones según la temperatura», con calor seco la superficie se deshidrata y se produce la costra de color pardo. Con calor húmedo y microondas no se produce la reacción de Maillard. En el caso de las carnes, por su baja concentración de azúcar, la reacción se da por la oxidación de los lípidos a compuestos carbonílicos.

## Principales diferencias con respecto a otros tipos de carnes como pollo y pescado

### Carne de pollo

En cuanto a las proteínas, las de las carnes de aves son de tan buen valor biológico como las del resto de las carnes. La grasa se encuentra debajo de la piel y junto a las vísceras y es la responsable de su particular olor. Contiene mayor proporción de ácidos grasos monoinsaturados que de saturados con respecto a la vacuna.

### Carne de pescado

El pescado tiene poco tejido conectivo en relación con la carne vacuna, lo que facilita su digestibilidad. Contiene la misma cantidad de proteínas y la proporción de grasa es poco significativa. Su carne es translúcida cuando está cruda y se torna blanca y opaca al someterla a calor.

Los pescados se pueden clasificar según su contenido de grasa. Contienen muchos ácidos grasos poliinsaturados como eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA). En la carne de pescado no se distinguen haces de fibra alargados.

## Bibliografía

- CHARLEY, H.: *Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*. Ciudad de México: Limusa, 1987.
- COENDERS, A.: *Química culinaria. Estudio de lo que les sucede a los alimentos antes, durante y después de cocinados*. Zaragoza: Acribia, 1996.
- FENNEMA, O.: *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1993.
- GARDA, M.: *Técnica del manejo de los alimentos*. Buenos Aires: Eudeba, 2000.
- GRISWOLD R.; A. SANTOS y M. VILLAR: *Estudio experimental de los alimentos*. Río de Janeiro: Bluchen, 1976.
- Reglamento Bromatológico Nacional. Decreto 315/994*. Montevideo: IMPO, 1994.



# 8. Huevos

## Introducción

Según el *Reglamento Bromatológico Nacional* (1994, en adelante *RBN*), se define el huevo como el producto generado del aparato reproductor de la especie aviar *Gallus domesticus* (gallina). Esta denominación se extiende única y exclusivamente a los huevos de gallina, los de otras aves se designan indicando además la especie de la que proceden.

Sirven de alimento desde tiempos muy antiguos, contienen valiosos nutrientes en forma concentrada y fácilmente absorbible y tienen múltiples usos.

El huevo destinado al consumo humano que llega directo del mercado es clasificado por su peso y color, y envasado para su posterior comercialización. Para esto deberá cumplir con las normativas vigentes (*RBN*, cap. 15.2) y con los atributos exigidos por el servicio de alimentación.

El huevo fresco debe satisfacer las siguientes exigencias:

1. provenir de animales sanos;
2. presentar cáscara íntegra, limpia, sin lavar, con forma y textura normales (especificaciones);
3. exhibir cáscara poco porosa, sin fracturas ni astilladuras;
4. presentar otros atributos definidos por el servicio: color (blanco o marrón), tamaño, fresco o refrigerado, en polvo, etcétera.

Para la preparación de alimentos los huevos son considerados de gran importancia nutricional y funcional. Al adquirirlos para su uso, es imprescindible controlar su calidad desde el punto de vista microbiológico, con la finalidad de prevenir enfermedades transmitidas por alimentos y obtener preparaciones que cumplan con el patrón nutricional, sensorial y microbiológico deseado.

## Estructura y composición

La estructura del huevo está formada por la cáscara que lo envuelve; esta le confiere su forma ovalada y puede tener un color blanco o entre amarillo y marrón.

La estructura del huevo consta de tres partes bien diferenciadas: la cáscara, que representa entre el 8 y el 11% del peso del huevo; la clara, que constituye entre el 56 y el 61%, y la yema, entre el 27 y el 32%.

## Cáscara y membranas

La cáscara es la primera barrera de defensa que posee el huevo. Dentro de sus funciones están:

- contener y transportar el contenido,
- excluir patógenos y microbios que puedan dañar al contenido, y soportar el desarrollo embrionario.

Al observarla en detalle, se puede apreciar su compleja estructura: en la parte externa existe en primer lugar una cutícula o película de aproximadamente 10  $\mu\text{m}$  de espesor, de naturaleza mucoproteica, poco soluble en agua, que actúa como revestimiento

disminuyendo la porosidad de la cáscara. Está compuesta de proteínas fibrilares (complejo proteínas-mucopolisacáridos) entrelazadas con cristales de carbonato cálcico (entre 87 y 97%). Además, existen pequeñas cantidades de carbonato magnésico (entre 0 y 2%) y de fosfatos (entre 0,5 y 5%). La matriz es atravesada por poros (entre 7.000 y 17.000 por huevo) llenos de fibras proteicas que entorpecen el paso de los microorganismos.

En la parte interna de la cáscara existen dos membranas (membranas testáceas) formadas por un entramado de fibras constituidas por un núcleo proteico rodeado de una cubierta de polisacáridos. Estas constituyen una envoltura que separa la cáscara de la clara y ejerce un papel protector frente a la contaminación microbiana. Ambas membranas se separan parcialmente en el polo obtuso del huevo para formar una pequeña cámara de aire cuyo tamaño permite determinar la frescura del huevo.

El color de la cáscara depende del depósito de pigmentos tales como porfirinas y sus productos de degradación. La pigmentación y la resistencia de la cáscara disminuyen con la edad de la gallina. El color no influye en el valor nutricional, funcional o sensorial, ni en la calidad del huevo.

## Clara

La clara, también denominada *albumen*, es un sol de proteínas en solución acuosa de naturaleza viscosa. Su pH habitual es 7,6. Contiene cuatro capas distintas —la delgada externa (fluida, representa un 23%), la gruesa (densa, representa un 57%), la delgada interna (fluida, representa un 17%) y las chalazas o cordones (densa, 3%)— dispuestas en forma de filamentos que van desde la yema hasta los dos extremos del huevo y que son responsables de la sujeción de la yema en el centro del huevo.

La clara está formada en un 88 % de agua, aproximadamente 10 % de proteínas y contiene glucosa libre en cantidades próximas al 1 %, que contribuye a que tengan lugar las reacciones de Maillard cuando la clara del huevo deshidratada se almacena durante un período de tiempo prolongado.

### Proteínas de la clara

La clara está formada por fibras de ovomucina incluidas en una solución acuosa de otras proteínas. La capa densa de la clara se diferencia de la fluida en que la primera contiene cuatro veces más ovomucina.

Ovoalbúmina: es la proteína más abundante de la clara y representa más de la mitad del contenido proteico. Se desnaturaliza fácilmente por el calor. Es una fosfoglicoproteína con un 3,2% de hidratos de carbono, rica en cisteína y en metionina y presenta cuatro grupos sulfhidrilo y dos uniones disulfuro. El número de estas últimas aumenta durante el almacenamiento y la ovoalbúmina se transforma en S-ovoalbúmina, más termoestable que la proteína original. La desnaturalización térmica ocurre entre los 72 y 84 °C. Posee buenas propiedades gelificantes, que también pueden ayudar a la estabilización térmica de la espuma. Esta acción se reduce cuando aumenta la proporción de S-ovoalbúmina. Es muy sensible a la desnaturalización por agitación o batido en solución acuosa y forma espuma.

Conalbúmina: es una proteína no fosforilada formada por una cadena polipeptídica. Contiene restos de manosa y glucosamina. Tiene gran poder quelante de metales di- y trivalentes como cobre, zinc, aluminio y, en especial, hierro; en este caso se vuelve más termorresistente. La coloración roja anormal que se presenta en ovoproductos cuando se están elaborando se debe a la formación de complejos conalbúmina-hierro. La capacidad

secuestrante del hierro le confiere propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Es muy sensible a la desnaturalización térmica (entre los 57 y 65 °C), pero menos sensible a la desnaturalización superficial que la ovoalbúmina.

Ovomucoide: representa el 11% del total de proteínas. Es una glicoproteína rica en glucosamina (14%) y aminoácidos azufrados (12%). Contiene nueve puentes disulfuro, lo que la hace resistente a la coagulación por calor.

Lisozima: la clara de huevo contiene aproximadamente un 7% de globulinas, entre ellas, la lisozima, una proteína que disuelve las paredes celulares de ciertas bacterias, en especial los mucopolisacáridos de las bacterias Gram positivas. Se inactiva por acción del calor en función del pH y de la temperatura.

Ovoglobulinas G2 y G3: las ovoglobulinas son buenas formadoras de espuma.

Ovomucina: es una glicoproteína que forma fácilmente estructuras fibrilares, contribuyendo a la viscosidad de la clara. Es estable a la desnaturalización por calor y sensible a la desnaturalización superficial.

Flavoproteínas: existe una cantidad pequeña de estas proteínas, a las que se fija la riboflavina de la clara de huevo.

Ovoinhibidor: es un inhibidor de las proteasas tales como tripsina, quimotripsina y enzimas microbianas.

Avidina: es una glicoproteína que se presenta en forma tetramérica con cuatro subunidades idénticas, en cada una de las cuales se fija una molécula de biotina. En esta forma la biotina no tiene actividad vitamínica y solo la forma libre podría desempeñar una actividad antibacteriana. Se desnaturaliza fácilmente con la cocción.

## Yema

La yema es la porción central del huevo; está recubierta por una membrana transparente denominada *vitelina*, que la separa de la clara y la protege de una posible rotura. El color está determinado principalmente por la dieta de la gallina.

Es una emulsión de grasa en agua. El extracto seco supone un 50%, del cual un 31,1% es de proteína y un 65,8% es de lípidos, con gran cantidad de lipoproteínas de baja densidad (LDL) ricas en colesterol.

Los hidratos de carbono unidos a proteínas no suponen más del 0,2% y son polisacáridos de manosa y glucosamina. Los elementos minerales más abundantes son calcio, potasio y fósforo.

Estructuralmente está constituida por una fase continua (78%) formada con proteínas globulares y LDL, denominada *plasma*, y una fase dispersa (20%) que contiene partículas uniformemente distribuidas en la fase continua, formadas por proteínas globulares y lipoproteínas de alta densidad (HDL). Las partículas de la yema se pueden clasificar en dos grupos:

- Gotitas de yema: tienen tamaños diferentes, entre 20 y 40  $\mu\text{m}$  de diámetro, semejantes a glóbulos de grasa. Están compuestas principalmente por LDL y algunas tienen una membrana proteica.
- Gránulos: son partículas más pequeñas, con un diámetro entre 1 y 1,3  $\mu\text{m}$ , pero más densas y abundantes que las gotitas de yema y de tamaño más uniforme.

## Lípidos

Los lípidos, como se ha descrito anteriormente, se encuentran en la yema como parte de las lipoproteínas. Los ácidos grasos que se encuentran en los triglicéridos de la yema de huevo son principalmente los ácidos oleico, palmítico, esteárico y linoleico.

## Vitaminas y minerales

La yema es más rica en vitaminas que la clara; contiene sobre todo vitamina A, ácido pantoténico y tocoferol.

## Huevos y ovoproductos

Se define a los ovoproductos como los productos obtenidos a partir del huevo, de sus componentes o sus mezclas, una vez quitadas la cáscara y la membrana, y que están destinadas al consumo humano. Se detallan a continuación.

Huevo fresco: es aquel que, siendo apto para el consumo humano, no ha sido sometido a ningún procedimiento de conservación con excepción de climatización del ambiente a temperaturas entre 8 y 15 °C y humedad relativa entre 70 y 90%.

Huevo conservado: es aquel que ha sufrido un proceso físico o químico con el fin de mantener su aptitud como alimento.

Huevo refrigerado: es aquel que ha sido sometido a la acción del frío, a una temperatura entre 0 y 2°C y a una humedad relativa entre 80 y 90% durante sesenta días.

Huevos refrigerados estabilizados: han sido estabilizados mediante la utilización de gases.

## Huevos conservados por otros métodos

Huevo líquido: es aquel privado de la cáscara en condiciones adecuadas de higiene, que conserva las proporciones naturales de clara y yema mezcladas en forma homogénea. Puede ser adicionado con aditivos autorizados. Debe someterse a un tratamiento de pasteurización aprobado y expendirse adecuadamente envasado.

Huevo deshidratado o desecado, en polvo o en escamas: es el huevo líquido pasteurizado y privado de la mayor parte de su humedad. Se distingue en huevo entero, yema y clara. Las ventajas de utilizar este producto es que presenta una mayor seguridad desde el punto de vista microbiológico dado que el tratamiento tecnológico al cual es sometido (pasteurización) limita el contenido de agua necesario para el desarrollo microbiano. Es de fácil manejo y dosificación y ahorra tiempo durante la elaboración de alimentos.

## Huevo envejecido

### Características

Con el tiempo el anhídrido carbónico y el agua se difunden a través de la cáscara, lo que aumenta el pH, que puede llegar a un valor de 9. La membrana interna se retrae. La yema tiene poca variación de pH.

## Cambios

- La yema no ocupa más el centro, sino que se encuentra aplanada y alargada.
- La membrana vitelina se afina.
- Flota más.
- Pasa agua de la clara a la yema por aumento de la presión, lo que dificulta su separación.
- Disminuye la clara densa y aumenta la clara fluida.
- El olor y el sabor se deterioran.

## Propiedades funcionales

Las propiedades funcionales de los constituyentes del huevo son diferentes a las propiedades nutricionales. A continuación, se detallan algunos usos corrientes:

- Emulsificante. Ejemplo: fosfatidilcolina. Usos: en la mayonesa (emulsión de grasa en agua).
- Espumas. Ejemplo: ovomucina. Usos: merengue.
- Gelificante. Ejemplo: proteínas del huevo. Usos: flan.
- Clarificante. Ejemplo: proteínas del huevo. Usos: caldos, vinos.
- Agente de unión. Ejemplo: proteínas del huevo. Usos: tortillas, albóndigas.
- Agente de crecimiento. Ejemplo: proteínas del huevo. Usos: bizcochuelo, *soufflé*, *omelette*.
- Estructura. Ejemplo: proteínas del huevo. Usos: bombas.
- Espesante. Ejemplo: proteínas del huevo. Usos: crema pastelera, salsa holandesa.
- Dar color y aroma a las preparaciones. Ejemplo: proteínas y lípidos del huevo. Usos: preparaciones culinarias.

Durante el tratamiento tecnológico, algunas de sus propiedades funcionales, como la capacidad espumante y su estabilidad, se pueden ver afectadas.

## Cocción (tratamiento térmico)

La cocción permite modificar las proteínas, que se desnaturalizan (se rompen los enlaces de hidrógeno y se desenrollan las cadenas polipeptídicas) y coagulan (interacción mediante enlaces químicos y físicos para formar agregados proteicos). El valor nutritivo se mantiene, excepto por alguna pérdida de tiamina y riboflavina, y permite la utilización de la biotina.

## Temperaturas de coagulación

- La yema coagula entre los 65°C y los 75°C (se forman complejos principalmente LDL).
- La clara coagula a los 62 °C. A mayor temperatura aumenta la viscosidad y opacidad, y a los 65°C se forma un gel débil (aumenta la resistencia a medida que aumenta la temperatura).

Cuando el huevo se utiliza en preparaciones y se diluye, por ejemplo, para hacer flanes o en presencia de azúcar, la temperatura de coagulación se eleva.

A continuación, se describen diferentes preparaciones que presentan al huevo como ingrediente básico. Se describen en función de la vía de cocción (húmeda, seca o mixta) aplicada.

## Calor húmedo

- Huevos pasados por agua: en esta preparación la yema permanece líquida, ya que no alcanza la temperatura de coagulación. Esta preparación no es segura desde el punto de vista higiénico-sanitario. No se debe brindar al usuario.
- Huevos duros: la clara se convierte en un gel suave y opaco, la yema queda pálida y desmenuzable, más que pastosa. La buena práctica de elaboración consiste en colocar los huevos en agua fría y llevar a cocción durante 15 a 20 minutos a 85 °C y 12 minutos a 100 °C. Luego de retirado, someter a agua fría para descender rápidamente la temperatura y disminuir la presión en el interior del huevo, impidiendo que prosiga la cocción. Este procedimiento disminuye la formación de sulfuro ferroso sobre la superficie de la yema. Calidad sensorial esperada: cáscara intacta, fácil de quitar; clara sólida, tierna, compacta, no gomosa; yema centrada, de color amarillo claro, seca, granulosa, uniformemente cocida, sin coloración verdosa.
- Huevos poché: el huevo se vierte un volumen suficiente de agua caliente —aproximadamente a 90 °C— que le permita sumergirse. Se obtiene una coagulación pareja. Se recomienda formar un remolino en el centro de la olla y verter allí el huevo. Así permitirá que este tome forma. Sin este movimiento, una vez que la clara tome contacto con el agua caliente se coagulará en forma de hilos.

### Advertencia:

Puede darse la formación de una capa verdosa entre yema y clara (sulfuro ferroso o sulfuro de hierro).

Esta reacción y coloración indeseada se debe al sulfuro de hidrógeno, un gas que se produce a partir de las proteínas azufradas de la clara que reaccionan con el hierro presente en la yema formando el sulfuro ferroso.

Existen varios factores que favorecen la reacción: el calor intenso (someter el alimento a temperaturas elevadas de cocción), el tiempo de cocción (si es prolongado favorece la reacción) y el huevo envejecido.

Se evita usando el método de cocción adecuado durante un tiempo óptimo y colocando el huevo en agua fría inmediatamente luego de la cocción. Esto provoca que el gas difunda hacia el exterior por la disminución de la temperatura y de la presión interna.

## Calor seco

Huevo frito: para su preparación debe utilizar una proporción de aceite no inferior a 100 cm<sup>3</sup> por huevo. Se calienta el aceite a una temperatura de 130°C. La clara se hace espesa y compacta y la yema no debe romperse. El producto debe quedar cubierto con una capa de clara fina coagulada.

## Preparaciones

En la siguiente tabla se ejemplifican diferentes preparaciones en las que el huevo es considerado ingrediente básico. Se detallan también otras características para tener presentes.

| Preparación        | Ingredientes básicos   | Propiedad funcional del huevo en la preparación | Función del huevo                     | Cualidades sensoriales   | Método de cocción | Aspectos que tener en cuenta  |
|--------------------|--|---|---------------------------------------|--|-------------------|---|
| Tortilla           | Huevo<br>Vegetales   | Coagulación                                     | Unión                                 | Aspecto externo: superficie dorada de ambos lados, mantiene su forma si no hay influencia de una fuerza externa. Interior: huevo uniformemente coagulado | Salteado          |   |
| Budín              | Huevo<br>Salsa blanca<br>Vegetales                               |   | Unión                                 | Firme al corte sin sinéresis, exterior ligeramente dorado, huevo uniformemente coagulado   | Horno             |   |
| <i>Soufflé</i>     | Huevo: claras a punto nieve y yemas<br>Salsa blanca<br>Vegetales | Formación de espuma                             | Volumen, agente de crecimiento, unión | Color externo: ligeramente dorado<br>Textura: esponjoso, ligeramente suave. Mantiene su forma, sin sinéresis   | Horno             | Temperatura de cocción moderada, baño maría.<br>Equipo: recipiente alto, sin enmantecar en los lados para evitar deslizamiento poscocción |
| Tortilla esponjosa | Huevo: claras a punto nieve y yemas<br>Vegetales                 | Formación de espuma                             | Textura esponjosa, unión              | Textura esponjosa, cocida completa y uniformemente, sin partes de claras no mezcladas. Interior: suave y húmedo. Exterior: tostado uniforme              | Salteado          |   |

En la siguiente tabla se ejemplifican diferentes preparaciones utilizadas como postre en las que el huevo es considerado ingrediente básico. Se detallan también otras características que tener presentes.

|             |                                     |  |                      |   |                         |   |
|-------------|-------------------------------------|--|----------------------|---|-------------------------|---|
| Flan        | Huevo<br>Leche<br>Azúcar            | Coagulación  | Gelificante          | Color externo:<br>amarillo,<br>ligeramente<br>dorado en la<br>superficie,<br>marrón<br>caramelo.<br>Aspecto:<br>mantiene su<br>forma si no<br>hay influencia<br>de una fuerza<br>externa<br>Interior:<br>uniformemente<br>coagulado,<br>sin signos de<br>porosidad ni<br>sinéresis.<br>Textura: suave | Horno                   | El caramelo<br>es opcional,<br>su función<br>es mejorar la<br>distribución de<br>calor. |
| Cremas      | Huevo<br>Leche<br>Azúcar<br>Almidón | Gelificación   | Espesar              | Textura suave<br>sin grumos   | Hervor                  | Revolver<br>constantemente  |
| Preparación | Ingredientes<br>básicos             | Propiedad<br>funcional del<br>huevo en la<br>preparación | Función<br>del huevo | Cualidades<br>sensoriales   | Método<br>de<br>cocción | Aspectos que<br>tener en cuenta   |

## Espuma de huevo

En el siguiente cuadro se describen diferentes puntos de batido de la espuma de huevo. Se detalla también la utilización de espuma de huevo según el punto de batido, las características que presenta y el equipo necesario.

| Punto de batido     | Equipo                     | Características y aspecto   | Usos  |
|---------------------|----------------------------|---|---|
| Ligeramente batidas | Batidor manual o tenedor   | Burbujas grandes<br>Aspecto transparente  | Clarificación<br>Espesamiento<br>Unión                                |
| Bien batidas        | Batidor manual o eléctrico | Burbujas de menor tamaño<br>Aspecto brillante, húmedo<br>No se adhiere al recipiente<br>Inestable en reposo | Tortillas esponjosas  |
| A punto nieve       | Batidor manual o eléctrico | Burbujas pequeñas, picos<br>Aspecto brillante, lustroso, húmedo, no fluye al inclinar recipiente            | Tortas, bizcochuelos, isla flotante, <i>soufflé</i> , merengues duros |
| Espuma seca         |                            | Aspecto: color muy blanco, mate, rígida, desmenuzable, sinéresis, se resbala del recipiente                 | No debe utilizarse  |

## Adición de sustancias y efectos que se logran

### Azúcar

- Aumenta estabilidad.
- Disminuye volumen.
- Aumenta elasticidad.
- Aumenta tiempo y energía durante el batido (retarda desnaturalización proteica).
- Da brillo.

Se debe batir hasta obtener picos redondeados, agregar azúcar a razón de dos cucharadas por vez y en forma de lluvia, sin interrumpir el batido, hasta obtener picos agudos.

### Ácido

- Aumenta estabilidad.
- Aumenta elasticidad y firmeza.
- Aumenta expansión (pues aumenta la temperatura de coagulación de proteínas: al ir al calor se dilata más).
- Genera más volumen.
- Adhiere mejor los demás ingredientes.

En cuanto al aspecto, la preparación queda más blanca. Los ejemplos de ácidos pueden ser: crémor tártaro, vinagre, jugo de limón. Se agregan desde el inicio (aunque se deba batir más).

### Sal

- Aumenta la firmeza.
- Disminuye la elasticidad (las paredes se rompen por calor).
- Genera menos volumen.

### Grasas

- Las grasas son depresoras de la espuma, por lo que al preparar merengue se debe tener cuidado en el momento de separar la clara y la yema.

## Bibliografía

- BELITZ H. y W. GROSCH: *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1988.
- CHARLEY, H.: *Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*. Ciudad de México: Limusa, 1987.
- COENDERS, A.: *Química culinaria. Estudio de lo que les sucede a los alimentos antes, durante y después de cocinados*. Zaragoza: Acribia, 1996.
- FENNEMA, O.: *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1993.
- GARDA, M.: *Técnica del manejo de los alimentos*. Buenos Aires: Eudeba, 2000.
- GRISWOLD R., A. SANTOS y M. VILLAR: *Estudio experimental de los alimentos*. Río de Janeiro: Bluchen, 1976.
- Reglamento Bromatológico Nacional. Decreto 315/994*. Montevideo: IMPO, 1994.

# 9. Hidratos de carbono: azúcares simples y almidón

Bajo el nombre genérico de *hidratos de carbono* o *carbohidratos* se engloba un gran número de compuestos de polihidroxicarbonilo, así como algunas sustancias derivadas y estructuralmente similares a ellos.

El nombre deriva de la fórmula molecular  $C_nH_{2n}O_n$ , en la que a cada átomo de carbono corresponde una molécula de agua.

De todas las sustancias orgánicas existentes, los hidratos de carbono son los más abundantes y ampliamente distribuidos. Representan el centro del metabolismo de animales y vegetales y constituyen sustancias de estructura y reserva. Además, ocupan el primer lugar como nutrientes en la alimentación y son importantes también en la industria alimentaria por sus propiedades funcionales.

De acuerdo con su estructura, los hidratos de carbono se pueden clasificar de la siguiente forma:

1. Monosacáridos. Ejemplo: glucosa, fructosa, galactosa, entre otros.
2. Disacáridos y oligosacáridos. Ejemplo: sacarosa, lactosa, entre otros.
3. Polisacáridos: asimilables (almidón), no asimilables (celulosa, entre otros).

## Propiedades funcionales de los hidratos de carbono simples

### Higroscopicidad

Se define como la propiedad que poseen algunos cuerpos de absorber humedad de la atmósfera que los rodea. La higroscopicidad es muy diferente para cada uno de los azúcares y depende de la estructura de la molécula, de su pureza y de la humedad relativa del ambiente. La absorción de humedad puede ser perjudicial en algunos casos, como en los polvos y granulados que contienen azúcares, debido a la posibilidad de formación de aglomerados. En cambio, puede contribuir al mantenimiento de la humedad de algunos alimentos, como es el caso de los productos de panadería, donde dicho efecto es deseado.

### Solubilidad

Es determinada por la cantidad de sustancia que puede disolverse en un volumen determinado de solvente a una temperatura dada. Los grupos hidroxilo de las moléculas de azúcar son lo que les confieren su solubilidad en agua. La fructosa es altamente soluble; en orden decreciente le siguen la sacarosa, la glucosa y la lactosa, que es el menos soluble de los azúcares comunes. La solubilidad depende de la temperatura, la estructura molecular y el grado de pureza de la solución.

### Poder edulcorante

Los monosacáridos y los oligosacáridos, así como los azúcares alcoholes correspondientes, poseen, en su mayoría, sabor dulce, y se diferencian entre sí por la intensidad de dicho sabor.

El sabor dulce se puede determinar mediante el umbral de reconocimiento, que es la concentración mínima a la cual es posible percibirlo, o mediante la comparación con una sustancia de referencia, normalmente la sacarosa, a la cual se le asigna el valor 1 o 100. Los azúcares se han clasificado según su dulzura en orden descendente: fructosa, sacarosa, glucosa, galactosa y manosa, maltosa, y lactosa.

## Cristalización

Es la formación de una red cristalina a partir del enfriamiento de una solución sobresaturada (es condición fundamental partir de una solución sobresaturada). Las fuerzas que mantienen a las moléculas unidas en los cristales son los puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de las moléculas contiguas.

Cuando en un jarabe hay sustancias de interferencia (lípidos, proteínas, otros azúcares), estas influyen en la cantidad de azúcar que cristaliza y en el tamaño de los cristales, que generalmente son más pequeños. Una alta proporción de dichas sustancias de interferencia puede evitar la cristalización completa del azúcar.

El proceso de cristalización es el siguiente: calentamiento de la solución sobresaturada, enfriamiento y agitación, nucleación y posterior crecimiento de cristales.

Los factores determinantes de la textura son la reacción de Maillard, el número de cristales y las sustancias de interferencia.

## Reacciones en las que participan los hidratos de carbono simples

### Reacciones de oscurecimiento no enzimático: reacción de Maillard y caramelización

#### Reacción de Maillard

Es una reacción de oscurecimiento no enzimático. Desempeña un papel central en la aparición del color y el aroma de los alimentos sometidos al calor. A diferencia de la caramelización, que se lleva a cabo con altas temperaturas, la reacción de Maillard se puede efectuar en condiciones más moderadas, como en refrigeración o a temperatura ambiente, pero se ve favorecida con el incremento de temperatura. La reacción es máxima a pH neutro y se inhibe a pH ácido, baja temperatura y alto porcentaje de humedad.

La reacción se sucede entre azúcares reductores (glucosa, fructosa, lactosa o maltosa) y el grupo amino de los aminoácidos de las proteínas. Provoca la aparición de melanoidinas coloreadas. Estos pigmentos pardos contienen nitrógeno en cantidades variables, con distintos pesos moleculares y con diferente solubilidad en agua. Van desde un ligero color amarillo hasta un intenso color café. Además de dichas coloraciones marrones, se producen sabores y aromas característicos que provienen de compuestos volátiles como aldehídos, cetonas, ácidos, entre otros.

El pardeamiento es deseado en productos horneados, fritos o asados, y no deseable, por ejemplo, en la leche condensada, sopas desecadas de color claro, etcétera.

#### Caramelización

Esta reacción, también conocida con el nombre de *pirólisis*, se produce cuando la sacarosa, la fructosa, la lactosa o la glucosa son sometidas a temperaturas superiores a

160 °C, por ejemplo, en la preparación de caramelo para postres. La fusión del azúcar conduce a la formación de compuestos de color pardo con aroma típico a caramelo.

A medida que se evapora el agua en una solución de sacarosa y la concentración del azúcar aumenta, el punto de ebullición del jarabe se eleva, y continuará haciéndolo hasta que toda el agua se haya evaporado. Cuando esto sucede, el sistema que permanece es azúcar fundido. El punto de fusión del azúcar es aproximadamente 160 °C. Si el azúcar fundido se continúa calentando hasta 170 °C, la sacarosa comienza a caramelizar. Esta reacción produce una mezcla de aldehídos y cetonas, en la cual los constituyentes principales son el 5-hidroximetilfurfural y furfural. Posteriormente, se forman polímeros que tiñen el jarabe de color ámbar.

## Polisacáridos: propiedades funcionales del almidón y las pectinas

### Almidón

Las moléculas de almidón son polímeros del monosacárido glucosa. Dos tipos de moléculas conforman el almidón: la amilosa (todos los residuos de glucosa están unidos por enlace 1-4, es una molécula lineal) y la amilopectina (ramificada).

El almidón se encuentra ampliamente distribuido en los más diversos órganos de las plantas como carbohidrato de reserva. En las células vegetales, las moléculas de almidón se organizan en paquetes o gránulos microscópicos. Los almidones de distinta procedencia tienen características distintivas en cuanto a forma, tamaño, composición y cristalinidad de los granos. La mayor parte de los cereales contienen de 20 a 30% de amilosa y de 70 a 80% de amilopectina. Al transmitirse la luz polarizada a través de un gránulo de almidón, se pueden observar estriaciones concéntricas, características del material altamente organizado.

### Efecto del calor húmedo

Los gránulos de almidón se hinchan cuando se suspenden en agua fría, su diámetro aumenta de 30 a 40%. Sin embargo, la cantidad de agua absorbida y el hinchamiento son limitados. Es un proceso reversible. La cristalinidad y birrefringencia de los gránulos no cambia.

Al calentar la suspensión, aumenta la energía cinética de las moléculas de agua en contacto con el almidón, y estas pueden penetrar en el gránulo de almidón, primero en las zonas menos densas (las amorfas) y luego, con el aumento de la temperatura, en las áreas cristalinas. La captación de agua de los gránulos de almidón comienza a una temperatura variable, dependiendo del origen del almidón. Al seguir aumentando la temperatura, la suspensión se hace menos opaca y más translúcida, y los granos hinchados pierden su birrefringencia e inician el empastamiento del líquido. El aumento final de la viscosidad se da cuando los gránulos llegan a su volumen máximo y explotan, es decir, coincide con la liberación del exudado y el plegamiento (deformación) de los gránulos de almidón hinchados. Algunas de las moléculas del almidón, principalmente la amilosa, escapan de los gránulos hinchados hacia el líquido que los rodea. Por ello, una pasta de almidón caliente consiste en gránulos hinchados, suspendidos en agua caliente en la que se dispersan las moléculas de amilosa. Cuando la pasta se enfría ya no posee capacidad para fluir, las moléculas de amilosa comienzan a reasociarse. Así, los gránulos hinchados se unen en una red. El agua se ubica en los espacios formados por esta red y por la amilosa precipitada y forma así un gel. Si almacenamos el gel, la amilosa tiende a reasociarse, retrograda, y parte del agua se

moviliza hacia el exterior. Esta fuga de líquido desde un gel se denomina *sinéresis*. Las bajas temperaturas favorecen la retrogradación.

El almidón es un importante aglutinante y espesante usado, por ejemplo, en sopas, salsas, productos de panadería, mayonesas, entre otros.

## Pectinas

Son muy abundantes en todo el reino vegetal, se obtienen sobre todo de las pieles de los cítricos y de restos de manzanas. Son moléculas de ácido D-galacturónico unidas por enlaces 1-4. Su estabilidad máxima se alcanza a pH 3-4. Forman geles termorreversibles a pH 3 y en presencia de Ca también a pH más alto. La capacidad de formación de geles es directamente proporcional al peso molecular e inversamente proporcional al grado de esterificación. Para formar geles, las menos esterificadas necesitan valores muy bajos de pH o iones calcio; sin embargo, gelifican en presencia de menores concentraciones de azúcar. Las más esterificadas necesitan concentraciones crecientes de azúcar según el incremento del grado de esterificación. Se utilizan para elaboración de mermeladas, jaleas y helado y para la estabilización de bebidas.

## Bibliografía

- BADUI, S.: *Química de los alimentos*. Ciudad de México: Pearson, 2006.
- BELITZ, H. y W. GROSCH: *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1988.
- CHARLEY, H.: *Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*. Ciudad de México: Limusa, 1987.
- COENDERS, A.: *Química culinaria. Estudio de lo que les sucede a los alimentos antes, durante y después de cocinados*. Zaragoza: Acribia, 1996.
- FENNEMA, O.: *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1993.
- FOX, B. y A. CAMERON: *Ciencia de los alimentos, nutrición y salud*. Ciudad de México: Limusa. 1992.
- GARDA, M.: *Técnica del manejo de los alimentos*. Buenos Aires: Eudeba, 2000.
- ORDÓÑEZ, J.; M. CAMBERO, L. FERNÁNDEZ, L. GARCÍA, G. GARCÍA, L. DE LA HOZ y M. SELGAS: *Tecnología de los alimentos*. Madrid: Síntesis, 1998, vol. 1.

# 10. Cereales y gluten

## Cereales

Los cereales destinados a la alimentación humana son los granos comestibles de las gramíneas. Estos se recolectan, transportan y almacenan en forma de grano, denominado *cariópside*; para la alimentación se utilizan principalmente los siguientes: arroz (*Oryza sativa*), avena (*Avena sativa*), cebada (*Hordeum vulgare*), centeno (*Secale cereale*), maíz (*Zea mays*), mijo (*Panicum miliaceum*), sorgo (*Sorghum vulgare*), trigo (*Triticum aestivum* y *Triticum durum*) y triticale (híbrido de centeno y trigo).

Los cereales se cocinan para aumentar su digestibilidad y su palatabilidad; según Helen Charley (1987), «masticar un cereal no cocido es atentar contra las muelas». Durante la cocción se produce el reblandecimiento de la celulosa y la gelificación del almidón, principal responsable de mejorar la palatabilidad de los cereales.

Los cereales presentan distintos grados de molienda, factor que debe ser considerado en el momento de utilizarlos en la preparación de alimentos. La molienda puede dar lugar a granulación fina y gruesa. La granulación fina da origen, por ejemplo, a la harina de trigo, la harina de maíz, las sémolas, los almidones y las féculas; y la granulación gruesa a, por ejemplo, el arroz y las pastas.

En la cocción de los cereales se deben tener en cuenta algunos elementos, por ejemplo:

**Relación alimento/líquido.** Los cereales están constituidos principalmente por almidón, que absorbe gran cantidad de agua. Por lo tanto, es importante considerar que la relación entre el alimento y el líquido sea suficiente, de manera de permitir la hidratación del almidón y que este logre expandirse en la gelatinización y luego en la gelificación. También hay que tener en cuenta, en el caso de cocción de arroz o pastas, que la cantidad de agua sea suficiente para permitir su evaporación y también su absorción por parte del cereal. En general, para la cocción son necesarias de dos a seis partes de agua por cada parte de cereal. La cantidad de agua para la cocción de pastas es variable, según la fuente bibliográfica que se consulte.

**Hidratación previa a la cocción.** Es importante que el almidón sea hidratado por completo. Para esto, una práctica muy utilizada y que brinda buenos resultados es la hidratación con líquido frío (se sugiere un tercio del líquido total utilizado en la preparación) antes de la cocción final. Este procedimiento tiene el fin de hidratar cada gránulo de almidón y prevenir la formación de grumos.

**Prevención de grumos.** Una de las complicaciones más habituales de los cereales de granulación fina es la formación de grumos (por ejemplo, al preparar cremas o salsa blanca). La prevención de la formación de grumos es importante pues afecta la calidad sensorial del producto final. Pensemos en un postre, por ejemplo, una crema, con presencia de grumos. Esto afecta el aspecto visual y la textura del postre.

Hay diversas formas de prevenir la formación de grumos:

1. Hidratar el cereal y revolver constantemente la preparación. Se realiza —como explicamos antes— mezclando parte del líquido frío con el cereal para separar e hidratar los gránulos del cereal y lograr una mezcla homogénea. Revolver

constantemente durante toda la cocción tiene el efecto de uniformizar la temperatura de la preparación, de manera de permitir que el gránulo de almidón alcance la temperatura de gelatinización de forma pareja. Normalmente, el almidón no gelifica uniformemente, sino que primero gelifica el almidón que se encuentra cercano al fondo y a las paredes del recipiente; al revolver de forma constante se uniformiza la temperatura del medio de cocción, lo que permite una gelificación homogénea. La acción mecánica no puede ser fuerte o vigorosa como un batido ya que produciría la ruptura de los gránulos de almidón y disminuiría la consistencia de la mezcla.

2. Añadir azúcar. La mezcla de azúcar con el cereal de granulación fina hace que los gránulos se dispersen, interfiere con el agua y ayuda a la hidratación.
3. Preparar un *roux*. Se mezcla el almidón o la harina con aceite o manteca caliente, luego se agrega el líquido y se cocina revolviendo constantemente.

## Formas de servicio

Para programar el servicio de cereales con diferentes acompañamientos es necesario contar con algunos criterios en cuanto a la selección y la cantidad de acompañamiento.

Cuando hacemos mención a la selección es en referencia a la elección de los ingredientes que acompañan el cereal. Por ejemplo, se pueden considerar alimentos como aceite, queso rallado, manteca, diferentes salsas, entre otros.

En referencia a la cantidad, se debe considerar qué cantidad de estos alimentos acompañarán el cereal para constituir finalmente un servicio de cereal, por ejemplo, arroz con queso o pasta con salsa.

La relación entre el cereal y el acompañamiento se calcula utilizando como base la porción de cereal cocido.

En la bibliografía consultada (ver «Bibliografía») encontramos criterios diversos, expresados en rangos, para los distintos acompañamientos.

Se detallan a continuación diferentes acompañamientos y los porcentajes de alimentos que lo integran.

- Aceite y queso: 2 a 5% de aceite y 3 a 5% de queso rallado.
- Manteca: 5 a 10%.
- Salsa blanca, salsa caruso, salsa rosada: 40 a 50%.
- Al gratín: 40 a 50% de salsa blanca, 3 a 5% de queso rallado y 5 a 6% de manteca.
- Salsa de tomates, tuco, salsa boloñesa: 40 a 50%, 30 a 35%.

## Gluten

Cuando las partículas de harina de trigo se humedecen y luego se amasan, se forma una masa cuyo carácter coherente y viscoelástico se atribuye a la formación de un complejo coloidal denominado *gluten*.

El gluten en base seca contiene un 80% de proteínas y un 8% de lípidos, con un resto de cenizas e hidratos de carbono (2% pentosanas).

El complejo gluten está formado principalmente por dos grupos primordiales de proteínas: la gliadina y la glutenina. La gliadina le otorga viscosidad, extensibilidad y cohesividad al sistema y la glutenina es la responsable de la elasticidad.

Estas proteínas tienen diferente composición. La gliadina es una prolamina monomérica, con un gran polimorfismo. Está compuesta básicamente por glutamina (33%) y prolina (15,4%). Se encuentra estabilizada por enlaces disulfuro intramoleculares y su afinidad por el agua es mayor; por lo tanto, es la responsable del componente viscoso de la masa.

Por su parte, la glutenina, estabilizada por enlaces S-S intermoleculares y unos pocos intramoleculares, es la que forma el esqueleto, la red tridimensional; la gliadina se incluye en ese esqueleto proporcionando el agua al sistema y confiriéndole así su viscosidad.

La composición de aminoácidos de las proteínas del gluten (tomadas en conjunto) se caracteriza por una alta proporción de ácido glutámico (40-50% del total) en la forma amida (glutamina), una baja proporción de aminoácidos básicos y un bajo contenido de lisina. Por lo tanto, las proteínas del gluten no tienen potencial de cargas negativas y tienen bajos niveles de cargas positivas. Este bajo nivel de cargas implica que las fuerzas de repulsión dentro de la proteína son pequeñas y, por consiguiente, las cadenas proteicas pueden interactuar entre sí muy fácilmente mediante puentes de hidrógeno, condición que parece ser necesaria para la formación de la masa.

El gluten también se une a los lípidos añadidos a la harina durante el amasado. Esta capacidad de ligar lípidos le da a la proteína la posibilidad de interactuar en el enlace hidrófobo, gracias al contenido relativamente alto de aminoácidos de cadena lateral hidrófoba (prolina). A su vez, y como se mencionó anteriormente, el gluten es un complejo unido mediante enlaces disulfuro. Los residuos de cistina predominan sobre los residuos de cisteína y las uniones disulfuro intervienen en la formación y agregación de las proteínas.

## Masa de pan

### Formación de la masa

**Masa de harina de trigo más agua.** Cuando se mezclan las partículas de harina de trigo con agua formando una masa, sucede que las partículas de harina son densas y el agua penetra en ellas lentamente. La única fuerza que impulsa al agua a penetrar hacia el centro de las partículas es la difusión, la cual es lenta.

**Masa de harina de trigo, más agua, más amasado.** El amasado suministra un mecanismo adicional. Consiste en el estiramiento y doblamiento suave de la masa hidratada; mueve las fibras proteicas con el fin de alinearlas mediante la desnaturalización mecánica de la gliadina y la glutenina. Los enlaces disulfuros son hidrolizados y se sucede un intercambio entre los diferentes SH. Los esfuerzos mecánicos a los que se somete la masa durante el mezclado inducen al intercambio de los diferentes grupos S-S intramoleculares con las moléculas vecinas.

Otro aspecto muy importante y para nada menor es la incorporación de aire durante el amasado. El aire, y particularmente el N<sub>2</sub>, es el que produce las celdillas en las cuales se difundirá el CO<sub>2</sub> del agente de crecimiento que contengan los productos horneados.

Otros constituyentes de la harina de trigo son los lípidos y las pentosanas.

- Lípidos. Son esenciales en la elaboración del pan y representan una pequeña fracción del peso de la harina.
- Pentosanas. La harina de trigo contiene gomas: pentosanas solubles e insolubles en agua. Estas mejoran la uniformidad de las celdillas, la característica de la miga y la elasticidad del pan. La fracción hidrosoluble, por su parte, es importante para el volumen de la pieza.

## Influencia del pH del medio

Debemos considerar la solubilidad de las proteínas que conforman el gluten con respecto al pH isoelectrico de cada una y del conjunto:

- pH isoelectrico de glutenina: 6,5-7;
- pH isoelectrico de gliadina: 4,5-5.

De estos valores podemos deducir el comportamiento del gluten según el pH de la masa.

La harina de trigo más agua tiene un pH de 6; por lo tanto, esta masa es pegajosa (la gliadina interactúa más con el agua). La glutenina, por su parte, otorgará la elasticidad correspondiente al interactuar consigo misma.

La harina, más agua, más levadura (masa para pan) tiene un pH de 5,5 a 5; por lo tanto, la gliadina tiene una máxima interacción consigo misma, lo que proporciona la cohesividad y extensibilidad a la masa. Por su parte, la glutenina le proporciona la elasticidad correspondiente.

Si a la masa de harina de trigo más agua se le adiciona una clara de huevo (pH >8), el sistema se alcaliniza y las proteínas interactuarán más con el agua que consigo mismas.

Cabe destacar que el comportamiento global del gluten es un tema aún investigado y no del todo esclarecido ya que comprende la interacción de todos sus componentes y no solo la de sus proteínas con el pH del medio.

## Efectos de los ingredientes agregados

El pan tipo francés se elabora mezclando harina de trigo, agua, levadura y sal. Lleva un proceso de leudado y amasado hasta que finalmente se le puede dar forma o moldear y a continuación hornear.

1. Harina de trigo. La función que cumple este ingrediente es contribuir con estructura o rigidez. Les proporciona a las masas extensibilidad y elasticidad.
2. Líquido. El líquido, que generalmente es agua, actúa como disolvente de solutos (azúcar y sal). Es el medio dispersante para los agentes leudantes (biológicos: levaduras, y químicos: polvo de hornear). Es indispensable para las reacciones de hidrólisis, la hidratación de proteínas y la gelatinización del almidón. El agua convertida en vapor sirve como agente leudante físico.
3. Cloruro de Sodio (NaCl). El agregado de NaCl generalmente no sobrepasa el 2% y colabora no solo mejorando el sabor de los productos horneados, sino que modifica su textura de manera deseable. Un ejemplo de esto es el pan sin sal, que es de calidad inferior en cuanto a textura y calidad de miga, en comparación con el pan con sal agregada.
4. Azúcar. La adición de azúcar en pequeñas cantidades a la masa con levadura tiene como función proporcionar sustrato para la levadura. En ausencia de esta, la masa depende del efecto de las amilasas para la hidrólisis del almidón. En grandes concentraciones, limita el desarrollo del gluten debido a la competencia por el agua del sistema. En proporciones del 10% se logra una fermentación adecuada. Las proporciones mayores al 10% inhiben la producción de dióxido de carbono por limitarse la entrada de agua y nutrientes a la levadura por efecto osmótico, lo cual retarda la acción del fermento. Además, aporta sabor y ayuda en el tostamiento (reacción de Maillard).

5. Lípidos. La adición de grandes proporciones de lípidos limita la formación de gluten ya que estos interfieren en el contacto de las partículas de harina con el agua. A su vez, influyen en la blandura de la masa cruda y mejoran la estructura de la miga y la corteza de los panes. Colaboran para retrasar el envejecimiento del pan, contribuyen al flavor e incrementan la friabilidad (desmenuzado fácil) de la masa. En gran cantidad, humectan los gránulos de harina, limitan el desarrollo del gluten y regulan la gelatinización del almidón.

## Horneado

Durante el proceso de cocción de la masa de pan tienen lugar varios cambios físicos y químicos en el gluten:

- 50-60°C. Desnaturalización y coagulación del gluten: translocación del agua de las proteínas. Comienza la gelatinización del almidón.
- 90°C. Almidón gelatinizado.
- >100°C. Deshidratación de la corteza, dextrinización y reacción de Maillard.

## Retrogradación, envejecimiento del pan

El endurecimiento de la corteza y de la miga es uno de los cambios que le suceden al pan cuando envejece. Se le atribuye este efecto a la retrogradación del almidón y a la redistribución del agua del sistema.

En el envejecimiento se modifica el estado coloidal, se libera agua, se produce sinéresis (retrogradación del almidón) y disminuye el volumen de gas interno, pero las celdas no colapsan. El interior del pan se pone seco, duro y puede desmigajarse fácilmente (incluso sin pérdida de humedad).

En los panes que fueron elaborados con grasas se retarda la retrogradación porque disminuye la deshidratación.

La congelación retrasa el envejecimiento mientras que la refrigeración lo acelera.

## Bibliografía

- BELITZ, H. y W. GROSCH: *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1988.
- BELLO GUTIÉRREZ, J.: *Ciencia y tecnología culinaria*. Madrid: Díaz Santos, 1998.
- CHARLEY, H.: *Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*. Ciudad de México: Limusa, 1987.
- CHEFTEL J., D. LORIENT D y J. CUQ: *Proteínas alimentarias*. Zaragoza: Acribia, 1989.
- COENDERS, A.: *Química culinaria. Estudio de lo que les sucede a los alimentos antes, durante y después de cocinados*. Zaragoza: Acribia, 1996.
- DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS: *Compendio de referencias prácticas*. Montevideo: Escuela de Nutrición. Universidad de la República: 2000.
- FENNEMA, O.: *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1993.
- GARDA, M.: *Técnica del manejo de los alimentos*. Buenos Aires: Eudeba, 2000.
- GIL, A.: *Tratada de nutrición*. Tomo II: *Composición y calidad nutritiva de los alimentos*. 2. ed. España: Editorial Médica Panamericana, 2010.
- GRISWOLD R., A. SANTOS y M. VILLAR: *Estudio experimental de los alimentos*. Río de Janeiro: Bluchen, 1976.
- HOSENEY, R.: *Principios de ciencia y tecnología de los cereales*. Zaragoza: Acribia, 1991.
- Reglamento Bromatológico Nacional. Decreto 315/994*. 5. ed., Montevideo: IMPO, 1994.

# 11. Frutas y hortalizas

Las frutas y verduras son muy apreciadas en la alimentación por su textura, sabor, color y valor nutritivo. Estas deben de ser cocinadas, si se requiere, y almacenadas de forma tal que conserven estas características. Debemos recordar que la calidad de una fruta o una verdura cuando se cocina o prepara para su consumo está enteramente condicionada por su calidad en estado crudo.

## Modificaciones nutricionales y sensoriales durante la maduración y el almacenamiento

### Efecto de la respiración

Aun después de cosechadas las frutas y verduras, sus células permanecen vivas durante cierto tiempo. Sin embargo, para no morir y seguir siendo comestibles, las células de las plantas requieren energía. Los vegetales que en su respiración producen una gran cantidad de anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y consumen mucho oxígeno ( $\text{O}_2$ ) son los más perecederos, mientras que los que tienen una baja actividad respiratoria pueden almacenarse durante períodos más prolongados. Es necesario diferenciar dos tipos de frutos: los climatéricos, como el tomate, el durazno y otros, capaces de generar etileno, hormona necesaria para que el proceso de maduración continúe aun separados de la planta; y los no climatéricos, como el pimiento, los cítricos y otros, cuya madurez comercial solamente se alcanza en la planta.

### Respiración y temperatura

Aunque muchas verduras y frutas mantienen su alta calidad más tiempo cuando son almacenadas a temperaturas por arriba del punto de congelación, algunas de origen tropical o subtropical se dañan si se almacenan a temperaturas sobre el punto de congelación inferiores a  $10^\circ\text{C}$ . La respiración anormal puede hacer que estos productos se piquen, adquieran un color extraño, pierdan el color o adquieran una textura no deseada.

### Transformación del almidón en azúcar

La síntesis del almidón y su degradación en azúcares simples son procesos metabólicos fundamentales en la fisiología poscosecha de los vegetales.

Después de la recolección de semillas y órganos de reserva subterráneos, la síntesis de almidón predomina sobre la degradación. Esta síntesis se produce a una temperatura próxima a la ambiental.

Por su lado, la transformación de almidón en azúcares en frutas tales como la manzana, la banana o el durazno es sumamente deseable y es evidencia de que el fruto ha alcanzado la madurez óptima.

#### Cambios en los componentes de la pared celular

La pared celular es el componente estructural básico de los tejidos vegetales, por lo tanto, es un factor determinante en las características texturales. Si bien el ablandamiento puede ser falta de turgencia, en la mayoría de las frutas y hortalizas, este se produce como consecuencia de las transformaciones de los polisacáridos de la pared celular, que sufren despolimerización, desmetilación o pérdida de calcio (Ca).

Otros componentes que se modifican en la maduración y senescencia son los lípidos. En los tejidos vegetales el fenómeno de envejecimiento está asociado con una disminución de los ácidos polinsaturados y se produce al mismo tiempo que la autólisis de las membranas y la pérdida de la integralidad celular.

## Contenido de humedad

Una vez cosechadas y almacenadas en un lugar abierto, las frutas y verduras continúan perdiendo humedad y, al no incorporar agua a su sistema, se deshidratan.

La vacuola ejerce presión sobre el citoplasma contra la pared celular limitante. La pérdida de agua de la vacuola permite que se relaje el citoplasma elástico. Así, la célula parcialmente hidratada está flácida y no turgente. La pérdida de agua como vapor produce un efecto semejante.

## Ácidos orgánicos y componentes aromáticos

Los ácidos orgánicos que circulan en los tejidos vegetales tienden a disminuir en la fase de senescencia tras su recolección. Los taninos también disminuyen su concentración tras la maduración.

El aroma característico de las frutas y hortalizas está determinado por una gran variedad de compuestos orgánicos que se forman durante la maduración, la senescencia y algunas veces también durante su procesado.

## Pigmentos

En la mayoría de los tejidos vegetales comestibles se produce una intensa biosíntesis de carotenoides. En el caso de los pigmentos flavonoides, la síntesis de antocianinas es estimulada por la luz e influenciada por la temperatura de almacenamiento. Uno de los cambios más evidentes tras la maduración y senescencia de los vegetales y frutas que contienen clorofila es la desaparición del color verde: el *desverdecimiento* de la piel y, en ocasiones, de la pulpa. Este cambio y la aparición de un color amarillo, indicador de la senescencia de tallos y hojas comestibles, también se asocian a la madurez de las frutas.

## Modificaciones sensoriales y nutricionales en la cocción de alimentos

Las frutas y verduras pueden cocerse al vapor, a presión (2 atm), o ser hervidas, fritas, horneadas, asadas, etc.

Estarán listas cuando se perciban suaves y más o menos translúcidas y esta característica depende de cada especie.

## Textura de las frutas y verduras y efectos del cocimiento

Cuando los fragmentos crujientes de una verdura o fruta cruda se ponen en agua hirviendo, el calor desnaturaliza el citoplasma y las membranas celulares. Las células ya no retienen agua y en su lugar la pierden por difusión a través de las membranas ahora permeables. La flacidez de las verduras y frutas cocidas, en contraste con la textura crujiente de las crudas, se debe a la pérdida de agua. La pérdida de agua de las células muertas por el calor hace que la mayoría de las verduras y frutas (aun cocidas en suficiente agua para quedar sumergidas) pesen menos que cuando están crudas.

## Suavidad

La cocción convierte a las sustancias pécticas insolubles en sustancias solubles en agua caliente y altera otros materiales estructurales asociados con las paredes celulares.

### Variables

El agregado de ácido al agua en donde se cocinan las verduras puede hacer más lento el desdoblamiento de algunos componentes estructurales y prolongar el tiempo de ablandamiento del vegetal.

La alta concentración de iones de Ca en el agua de cocimiento puede influir en la textura del tejido vegetal cocido. Los iones divalentes de Ca reaccionan con los ácidos pécticos o pectínicos en la lámina media para formar pectatos o pectinatos de Ca insolubles.

Los iones de Ca también afectan la calidad de las frutas y verduras que contienen ácido fítico en el interior de las células. El cocimiento rompe la compartimentalización estructural dentro de la célula y el contenido celular entra en contacto con la lámina media. El ácido fítico se une con el Ca del pectato de Ca (previamente formado) para formar un compuesto insoluble denominado *fitato de calcio*.

El agregado de azúcar, especialmente en grandes concentraciones, hace más lento el proceso de suavización por cocción debido a que dificulta la solubilización de la pectina. El azúcar en grandes concentraciones también deshidrata las celulosas y hemicelulosas.

Una verdura que se cocine en agua con bicarbonato de sodio tendrá una textura masuda debido al desdoblamiento de las hemicelulosas.

La sal deshidrata el tejido por ósmosis cuando es agregada a un vegetal de consumo crudo y cuando se la agrega a vegetales que serán cocinados facilita la hidrólisis de las hemicelulosas.

Las partes de las verduras y frutas que contienen tejidos lignificados no se pueden suavizar durante la cocción.

## Textura de los tubérculos

Las papas, debido a su contenido de almidón, absorben agua a medida que se cocinan, en contraste con la mayoría de las verduras que pierden peso aun cuando se cocinan con exceso de agua. A medida que se calienta la papa, los gránulos de almidón empacados dentro de la célula se hinchan varias veces. La hinchazón de los gránulos de almidón de la papa ocurre a una temperatura relativamente baja (65 °C), en comparación con otros amiláceos. Ocurre una solubilización de las sustancias de cemento lo cual hace que se separen los gránulos, aunque estos no se rompen.

## Sabor de las verduras y efectos de la cocción

### Verduras de sabor fuerte

Dos grupos de verduras, uno de la familia de las liláceas (ajo, cebolla, puerro) y otro de la familia de la mostaza (crucíferas, brócoli, repollitos de Bruselas, coliflor) son notables por sus compuestos de azufre que contienen derivados del aminoácido cisteína. Estos compuestos son los responsables del sabor y especialmente del aroma de estas verduras.

Cuando se cocina el coliflor, el compuesto alil isotiocianato produce ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), que contribuye con una cuarta parte del olor del coliflor cocido.

2Sin embargo, la mayor parte del olor a coliflor se debe a la producción de H<sub>2</sub>S por

medio del compuesto sulfóxido de cisteína. Este compuesto es capaz de producir grandes cantidades de H<sub>2</sub>S (olor característico), y cuanto mayor sea el tiempo de cocción, más H<sub>2</sub>S se producirá. Se<sup>2</sup> recomienda una corta exposición del vegetal al calor. 2

### Verduras de sabor delicado

La cocción extrae o favorece el sabor de las verduras. Los métodos inadecuados o el recocimiento pueden dar lugar a la pérdida del sabor o bien al desarrollo de un sabor desagradable. Por ejemplo, en el caso de las zanahorias, la pérdida de sabor se traduce en la disminución de su dulzura, debido a que el azúcar se disuelve en el agua de cocimiento.

## Pigmentos de las verduras y efectos de la cocción

### Clorofila

El magnesio (Mg) es fácilmente desplazado de la molécula de clorofila cuando se calienta en presencia de ácidos orgánicos. El hidrógeno reemplaza al Mg, lo que da lugar a un compuesto denominado *feofitina*, de color verde grisáceo pálido.

La remoción del grupo fitil de la molécula de clorofila es catalizada por la enzima clorofilasa. La hidrólisis del enlace éster produce un compuesto denominado *clorofilida*, soluble en agua.

En otras circunstancias, durante la manipulación o el procesamiento de los materiales vegetales, el Mg y el residuo fitil son eliminados de la molécula de clorofila, lo que resulta en un compuesto denominado *feoforbido*, con las mismas características espectrales que la feofitina.

Si una verdura de color verde se cocina con bicarbonato de sodio, el carbonato que no sea aprovechado para neutralizar los ácidos en el agua de cocimiento reaccionará con la clorofila; en este caso, los grupos fitil y metil se desplazarán, dando lugar a un compuesto: la clorofilina, de color verde intenso brillante.

### Carotenoides

El calentamiento prolongado y especialmente el recalentamiento pueden dar lugar a un cambio trans-cis, lo que provocará cierta pérdida de intensidad del color. Cuanto mayores sean el tiempo de cocción y la temperatura, mayor será el cambio de color.

### Flavonoides

Antocianinas. En condiciones alcalinas el pigmento se torna azul verdoso y en condiciones ácidas cambia al ion flavilo, lo que resulta en una coloración rosa-rojo.

Antoxantinas. Pigmentos hidrosolubles, carecen de color, por lo que pasan desapercibidos. Se encuentran en cebollas, coliflor, nabo, repollo blanco.

### Betalainas

Son termorresistentes y muy solubles en agua.

## Modificaciones en el color de los vegetales y frutas crudos

El pardeamiento enzimático está relacionado con la actividad de la enzima polifenol oxidasa que cataliza la oxidación a diferentes compuestos fenólicos con la consecuente transformación de pigmentos oscuros no deseables llamados *melaninas*.

### Bibliografía

- BADUI, S.: *Química de los alimentos*. Ciudad de México: Pearson, 2006.
- BELITZ, H. y W. GROSCH: *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1988.
- CHARLEY, H.: *Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*. México: Limusa, 1987.
- COENDERS, A.: *Química culinaria. Estudio de lo que les sucede a los alimentos antes, durante y después de cocinados*. Zaragoza: Acribia, 1996.
- FENNEMA, O.: *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1993.
- FERNÁNDEZ E., M. ELICHALT, P. JANSON y M. ACUÑA: *Hortalizas y frutas*. Montevideo: Oficina del Libro AEM, 1997.
- FOX, B. y A. CAMERON: *Ciencia de los alimentos, nutrición y salud*. Ciudad de México: Limusa, 1992.
- GARDA, M.: *Técnica del manejo de los alimentos*. Buenos Aires: Eudeba, 2000.
- GRISWOLD R., A. SANTOS y M. VILLAR: *Estudio experimental de los alimentos*. Río de Janeiro: Bluchen, 1976.



# Ejercicios prácticos de autoevaluación

## Tema: Método de cocción. Transferencia de masa y energía

Marque la opción verdadera:

1. Los mecanismos de transferencia de calor son: conducción, convección y radiación.
  - a. La diferencia entre los mecanismos radica en el tipo de constituyente transferido.
  - b. En los tres mecanismos el calor es generado fuera del alimento y luego es transferido.
  - c. La conducción es el mecanismo en el cual el calor se transfiere más rápido.
2. En la preparación de carne al horno:
  - a. el principal mecanismo de transferencia de calor es la convección.
  - b. el método de cocción es la radiación.
  - c. la vía es húmeda, por lo tanto, las temperaturas del medio superan los 100°C.
3. En la cocción por microondas:
  - a. el método permite desarrollar la reacción de Maillard, entre otros procesos.
  - b. los alimentos se comportan como dieléctricos.
  - c. el medio es el aire.
4. Cuando se prepara una suprema de pollo con hierbas al microondas, la cocción se produce principalmente por:
  - a. rotación de iones según el campo magnético.
  - b. rotación de moléculas dipolares.
  - c. convección.
5. Cuando se elabora una sopa de vegetales, el principal mecanismo de transferencia de calor es:
  - a. convección.
  - b. conducción.
  - c. radiación.

## Tema: Conservación por frío

### Ejercicio 1.

Indique para los siguientes alimentos la forma óptima de congelación y, en el caso que requiera, si se debe escaldar previamente.

| Alimento             | Congelación simple | Congelación abierta | Congelación con azúcar o almíbar |
|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------------------|
| Frutillas al natural |                    |                     |                                  |
| Acelga lavada        |                    |                     |                                  |
| Milanesas de pollo   |                    |                     |                                  |
| Ravioles de ricota   |                    |                     |                                  |
| Tallarines           |                    |                     |                                  |
| Chauchas             |                    |                     |                                  |

### Ejercicio 2.

Ordene la secuencia correcta para congelar cinco bifés de carne.

- Registrar existencia.
- Verificar frescura del producto.
- Llevar a compartimiento de congelación rápida.
- Etiquetar: nombre del producto, fecha de envasado, vida útil, número de porciones.
- Tapar y quitar aire.
- Acondicionar en recipiente apto, separando los bifés con film o nailon apto.

### Ejercicio 3.

Mencione formas de descongelación adecuadas para los siguientes alimentos

| Alimento            | Formas de descongelación |
|---------------------|--------------------------|
| Pollo crudo         |                          |
| Ravioles de verdura |                          |
| Espinaca congelada  |                          |

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Cebolla picada             |  |
| Croquetas de arroz cocidas |  |

Ejercicio 4. Marque la opción verdadera.

Durante la congelación de alimentos se puede producir la recristalización, esta se caracteriza por:

- ser un fenómeno deseable.
- ser un fenómeno muy infrecuente.
- afectar el tamaño de los cristales de hielo.

## Tema: Sistemas dispersos

A las propiedades funcionales se las puede clasificar según la naturaleza de los enlaces y los tipos de fuerzas implicadas en ellos. Nómbrelas y ejemplifíquelas con los sistemas coloidales estudiados.

## Tema: Lípidos

Marque la opción verdadera.

- ¿Cuál aceite es mejor para la fritura por inmersión?
  - Aceite con calor específico = 0,46. Punto de humo = 210.
  - Aceite con calor específico = 0,44. Punto de humo = 175.
  - Aceite con calor específico = 0,46. Punto de humo = 260.
- Las diferentes formas polimórficas de los cristales de grasa afectan las cualidades sensoriales de los alimentos que los contienen. ¿En qué tipo de alimento se prefiere la presencia de cristales ?
  - Helados.
  - Manteca.
  - Shortening* fluidos.
- ¿El desprendimiento de humo de un aceite de fritura es indicio de qué reacción química de deterioro?
  - Hidrólisis.
  - Polimorfismo.
  - Autooxidación.

## Tema: Leche

Ejercicio 1.

Lea las siguientes afirmaciones y señale si son verdaderas (V) o falsas (F).

- Las caseínas poseen excelente capacidad emulsificante y espumante debido a su naturaleza anfifílica.
- Las proteínas del suero precipitan a pH 4,6, correspondiente a su punto isoeléctrico.
- La lactosa se caracteriza por su elevado poder edulcorante, similar al de la

sacarosa.

- d. Los constituyentes de la leche se encuentran organizados en tres estados de dispersión: solución verdadera, dispersión coloidal y emulsión.

Ejercicio 2. Marque la opción verdadera.

1. La caseína se encuentra en la leche dispersa en micelas de fosfocaseinato de calcio. ¿En qué condiciones las caseínas se desestabilizan formando un coágulo de caseína neutro?
  - a. Con calentamiento prolongado.
  - b. Con el agregado de enzimas.
  - c. Acidificando el medio.
2. El sabor a *leche cocida* se debe a:
  - a. a liberación de sulfuro ferroso.
  - b. la liberación de metil sulfuro.
  - c. la liberación de dialil disulfuro.
3. Durante el congelamiento de los productos lácteos se producen cambios físicos que alteran su estabilidad. ¿Qué efecto puede tener el descenso de temperatura sobre la lactosa?
  - a. Desnaturalización.
  - b. Cristalización.
  - c. Solubilización.

## Tema: Carnes

Ejercicio 1.

Describa las modificaciones (internas y externas) que suceden luego de someter un corte de carne vacuna a cocción al horno y hervida.

Ejercicio 2.

Marque la opción verdadera.

1. Una carne cocida a 2atm de presión presenta un color marrón pardo oscuro debido a la formación de:
  - a. metamioglobina.
  - b. miohemocromógeno.
  - c. miohemieromógeno.
2. El mayor porcentaje de agua libre en las carnes se encuentra entre las proteínas:
  - a. miofibrilares.
  - b. sarcoplasmáticas.
  - c. insolubles.
3. La capacidad de retener agua en las carnes varía en función del pH de las proteínas miofibrilares, la mínima retención se produce:
  - a. por debajo del punto isoelectrico.
  - b. por encima del punto isoelectrico.
  - c. en el punto isoelectrico.
4. La capacidad de retener agua (CRA) de las carnes es la medida de la capacidad para mantener el contenido acuoso durante la cocción. La aplicación de calor

afecta la CRA de la siguiente manera:

- a. por desnaturalización de proteínas aumenta la CRA.
- b. por transformación del colágeno en gelatina aumenta la CRA.
- c. por transformación del colágeno en gelatina disminuye la CRA.

## Tema: Huevos

Marque la opción verdadera.

1. En un servicio de alimentación se elaboró una ensalada con huevo duro, al momento del servicio se observó la formación de una coloración verde grisácea entre la yema y la clara. ¿A la formación de qué compuesto químico se debe dicha coloración?
  - a. Sulfuro ferroso.
  - b. Ácido sulfúrico.
  - c. Sulfuro de hidrógeno.
2. ¿Cómo se podía haber evitado dicha coloración?
  - a. Remojando el huevo previo a la cocción en agua fría.
  - b. Colocando el huevo una vez cocido inmediatamente en agua fría.
  - c. Agregándole vinagre al agua de cocción.
3. Durante la elaboración de merengue cocido, ¿cómo se ve afectada su estabilidad si se le adiciona crémor tártaro en un 1%?
  - a. Disminuye.
  - b. Aumenta.
  - c. No se modifica.
4. Si se elabora un flan con el agregado de azúcar en una proporción mayor al 30%, ¿cuál será el resultado?
  - a. Limita la gelificación.
  - b. Disminuye la sinéresis.
  - c. Aumenta la elasticidad.
5. ¿Cuál es la principal función del huevo en el flan?
  - a. Agente de unión.
  - b. Agente espesante.
  - c. Agente gelificante.
6. Se desea elaborar una tortilla esponjosa, ¿qué punto de espuma se debe utilizar?
  - a. Espuma dura.
  - b. Espuma ligeramente batida.
  - c. Espuma bien batida.

## Tema: Hidratos de carbono. Azúcares simples y almidón

Ejercicio 1. Rellene los espacios en blanco con una palabra:

El almidón está formado por a) \_\_\_\_\_ y b) \_\_\_\_\_. Dentro del gránulo, ambas moléculas determinan dos sectores bien diferenciados: la primera, que se encuentra en mayor porcentaje, se halla en las zonas c) \_\_\_\_\_ y la segunda, en menor proporción, determina las zonas d) \_\_\_\_\_.

Ejercicio 2. Marque la opción verdadera.

1. Se realiza una crema de almidón de maíz con los siguientes ingredientes: leche, almidón de maíz 3%, azúcar 10%. ¿Qué dispersión coloidal se constituye?
  - a. Gel.
  - b. Emulsión.
  - c. Sol.
2. El almidón está gelificado cuando:
  - a. Pierde birrefringencia.
  - b. El gránulo se rompe.
  - c. El gránulo se solubiliza.

## Tema: Cereales y gluten

Ejercicio 1. Responda.

1. ¿Cuáles serían las características de una masa de harina de trigo si uno de sus ingredientes fuera yogur, basándose en el pH del sistema?
2. La formación del gluten depende prácticamente de la presencia de tres aminoácidos. ¿Cuáles son y qué tipo de unión química favorece cada uno?

Ejercicio 2. Marque la opción verdadera.

1. El agregado de levadura en una masa con harina de trigo y agua produce una masa:
  - a. pegajosa y relativamente elástica.
  - b. cohesiva y elástica.
  - c. pegajosa e inextensible.
2. La adición de lípidos en grandes cantidades en una masa de harina de trigo:
  - a. limita el desarrollo del gluten.
  - b. colabora con el volumen del producto horneado.
  - c. mejora el sabor.

## Tema: Frutas y hortalizas

Ejercicio 1.

Con respecto a los vegetales y leguminosas, complete el siguiente cuadro de acuerdo a la temperatura de almacenamiento y condiciones de cocción.

| Alimento         | Temperatura de Almacenamiento (°C) | Cocción Cantidad de agua | Cocción Tapar | Cocción Destapar |
|------------------|------------------------------------|--------------------------|---------------|------------------|
| Garbanzo         |                                    |                          |               |                  |
| Acelga           |                                    |                          |               |                  |
| Papa con cáscara |                                    |                          |               |                  |
| Coliflor         |                                    |                          |               |                  |

|                   |  |  |  |  |
|-------------------|--|--|--|--|
| Chaucha congelada |  |  |  |  |
|-------------------|--|--|--|--|

Ejercicio 2.

Responda. En un servicio de alimentación se realizará una cazuela de porotos. ¿Qué operación preliminar es necesaria?

Ejercicio 3.

Complete el siguiente cuadro con respecto a los pigmentos vegetales y sus posibles modificaciones durante la cocción. Mencione la o las variables que lo afectan y los alimentos en los cuales se encuentra cada pigmento.

| Pigmento     | Alimentos (mencione 2) | Variables (mencione 2) |
|--------------|------------------------|------------------------|
| Clorofila    |                        |                        |
| Carotenoides |                        |                        |
| Antocianina  |                        |                        |
| Antoxantina  |                        |                        |
| Betalaína    |                        |                        |

Ejercicio 4. Responda.

Un servicio de alimentación sirve una porción de 300g de budín tricolor conformado por partes iguales de puré de papas, puré de zapallo y acelga para un total de 150 usuarios. ¿Qué cantidad de cada uno de los siguientes ingredientes se necesita para cubrir con las necesidades del servicio?

1. Papa con cáscara: \_\_\_\_\_
2. Zapallo en cubos congelado: \_\_\_\_\_
3. Hojas de acelga: \_\_\_\_\_



# Respuestas

Tema: Método de cocción. Transferencia de masa y energía

1. b
2. a
3. b
4. b
5. a

Tema: Conservación por frío

Ejercicio 1

| Alimento             | Congelación simple | Congelación abierta | Congelación con azúcar o almíbar |
|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------------------|
| Frutillas al natural |                    |                     | X                                |
| Acelga lavada        | X / Escaldado      |                     |                                  |
| Milanesas de pollo   | X                  |                     |                                  |
| Ravioles de ricota   |                    | X                   |                                  |
| Tallarines           | X                  |                     |                                  |
| Chauchas             | X / Escaldado      |                     |                                  |

Ejercicio 2

- Verificar frescura del producto.
- Acondicionar en recipiente apto, separando los bifes con film o nailon apto.
- Tapar y quitar aire.
- Etiquetar: nombre del producto, fecha de envasado, vida útil, número de porciones.
- Llevar a compartimiento de congelación rápida.
- Registrar existencia.

Ejercicio 3

| Alimento            | Formas de descongelación                                      |
|---------------------|---|
| Pollo crudo         | Directo al medio de cocción<br>En refrigeración<br>Microondas |
| Ravioles de verdura | Directo al medio de cocción                                   |
| Espinaca congelada  | Refrigeración<br>Microondas                                   |
| Cebolla picada      | Directo al medio de cocción<br>Microondas                     |

|                            |                                      |
|----------------------------|--------------------------------------|
| Croquetas de arroz cocidas | Horno<br>Microondas<br>Refrigeración |
|----------------------------|--------------------------------------|

#### Ejercicio 4

Opción c.

### Tema: Sistemas dispersos

- Propiedades de hidratación - Soles
- Propiedades de estructuración - Geles
- Propiedades de superficie - Espumas, emulsiones

### Tema: Lípidos

1. c
2. c
3. c

### Tema: Leche

#### Ejercicio 1

1. V.
2. F. Las proteínas del suero constituyen la fracción proteica minoritaria de la leche; representan el 20% del total de proteínas.
3. F. La lactosa se caracteriza por su bajo poder edulcorante, correspondiente a 1/6 del dulzor de la sacarosa.
4. V.

#### Ejercicio 2

1. c
2. b
3. b

### Tema: Carnes

#### Ejercicio 1

Las modificaciones son:

- Disminución del peso: peso cocido menor que el peso crudo.
- Modificaciones de textura.
- Modificaciones en el color interno y externo.
- Modificación de los componentes: proteínas, lípidos y agua.

Cocción por vía húmeda: hervido

| Carne        | Interior del corte   | Exterior del corte   |
|--------------|--|--|
| Carne vacuna | Mioglobina desnaturalizada: color marrón grisáceo (formación de hemocromógeno)<br>Colágeno: solubilizado<br>Agua: difusión<br>Lípidos: pérdida por goteo | Mioglobina desnaturalizada: color marrón grisáceo o pardo, marrón café (formación de hemocromógeno)<br>Agua: difusión (pérdida de jugos)<br>Lípidos: pérdida por goteo |

Cocción por vía seca: horneado

| Carne        | Interior del corte   | Exterior del corte  |
|--------------|--|---|
| Carne vacuna | Mioglobina desnaturalizada: color marrón grisáceo (formación de hemocromógeno)<br>Agua: difusión<br>Lípidos: pérdida por goteo | Mioglobina desnaturalizada: color marrón grisáceo o pardo, marrón café, costra de tostación (formación de hemocromógeno)<br>Agua: pérdida por evaporación y difusión (pérdida de jugos)<br>Lípidos: pérdida por goteo |

Ejercicio 2

1. c
2. a
3. c
4. b

Tema: Huevos

1. c
2. b
3. b
4. a
5. c
6. c

Tema: Hidratos de carbono. Azúcares simples y almidón

Ejercicio 1

- a. Amilosa.
- b. Amilopectina.
- c. Amorfas.
- d. Cristalinas.

Ejercicio 2. Marque la opción verdadera.

1. c
2. c

## Tema: Cereales y gluten

### Ejercicio 1

1. Cohesiva, extensible y elástica.
2. Prolina - Enlace hidrófobo
3. Glutamina - Puente de hidrógeno
4. Cistina - Enlaces/puentes disulfuro

### Ejercicio 2

1. b
2. a

## Tema: Frutas y hortalizas

| Alimento         | Temperatura de almacenamiento (grados °C) | Cocción Cantidad de agua          | Cocción Tapar   | Cocción Destapar                               |
|------------------|---|-----------------------------------|---|--|
| Garbanzo         | 10-20                                     | Abundante                         | Sí  | No   |
| Acelga           | 6-7                                       | Mínima                            | Primeros minutos o hasta llegar al primer hervor<br>Últimos minutos o al terminar cocción | Durante tres minutos después del primer hervor |
| Papa con cáscara | 10-20                                     | Suficiente para cubrir el vegetal | Sí  | No   |
| Coliflor         | 6-7                                       | Abundante                         | No  | Sí   |
| Chauca congelada | -18                                       | Suficiente para cubrir el vegetal | Sí  | No   |

### Ejercicio 2 Rehidratación.

### Ejercicio 3

| Pigmento     | Alimentos  | Variables                      |
|--------------|--|--------------------------------|
| Clorofila    | Lechuga, espinaca, acelga, brócoli, etc. (hojas verdes)              | pH, temperatura, tiempo        |
| Carotenoides | Zapallo, zanahoria, tomate, etc. (amarillos, naranjas)               | Temperatura, tiempo prolongado |
| Antocianina  | Berenjena, repollo colorado, cebolla morada, etc. (azules, violetas) | pH                             |

|             |   |                  |
|-------------|---|------------------|
| Antoxantina | Repollo blanco, cebolla, pera, coliflor, etc. (blancos, amarillentos) | pH               |
| Betalaína   | Remolacha   | Cantidad de agua |

#### Ejercicio 4

1. 19,500 kg (130 g × 150 usuarios).
2. 15,750 kg (105 g × 150 usuarios).
3. 60 kg (400 g × 150 usuarios).

#### Resolución:

- Budín tricolor porción cocida: 300 g. Preparación integrada por los siguientes pesos cocidos: 100 g puré de papas + 100 g puré de zapallo + 100 g de acelga.
- Puré de papas: las papas en la cocción hervida no modifican su peso. Factor de cálculo: 1,3. Peso crudo: 130 g.
- Puré de zapallo: el zapallo en la cocción hervida puede presentar un porcentaje de reducción de hasta un 5%. Por lo tanto, el peso crudo sería de 105 g.
- Acelga: este vegetal en la cocción hervida modifica su peso, presentando una reducción de hasta un 50%. Factor de cálculo: 2. Peso crudo: 400 g.



# Glosario

Las siguientes definiciones son utilizadas en los cursos. (Fuente: Curso Preparación Experimental de Alimentos 2010, Departamento de Alimentos, Escuela de Nutrición)

**A la florentina:** al estilo de Florencia. Pastas o arroz servidos con colchón de espinacas o acelgas, o con las verduras picadas y mezcladas con el cereal. Pueden cocinarse junto con el cereal o cocinar el cereal aparte y luego mezclar con los vegetales cocidos, escurridos y picados.

**Al dente:** término italiano usado para describir vegetales, arroz y pasta cocida justo hasta que está tierna pero que aún mantiene la resistencia al morder.

**Albóndiga:** masa compuesta de carne o pescado picado, huevos y especias, de forma esférica. Normalmente son cubiertas con harina o pan rallado.

**Alfajor (dulce):** compuesto de dos piezas de masa adheridas con dulce de leche. Pueden estar total o parcialmente revestidas por coberturas o baños de repostería y otros ingredientes y contener maní, almendra, coco rallado y otros.

**Almacenamiento de alimentos:** conjunto de tareas que se realizan para mantener los alimentos aptos para su posterior utilización sin practicar sobre ellos ningún procedimiento de elaboración (*RBN*. Capítulo 1. Sección 1).

**Análisis de peligros:** proceso de recopilación y evaluación de información sobre los peligros y las condiciones que los originan para decidir cuáles son importantes en relación con la inocuidad de los alimentos y, por tanto, planteados en el plan de HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Bombas (pasta choux):** masa hecha con agua, grasa, harina y huevos. La masa crece por acción del vapor de agua cuando se cocina, lo que resulta en pequeñas bolas huecas de forma irregular con el interior húmedo y blando.

**Buenas prácticas de elaboración:** son los procedimientos necesarios para lograr alimentos inocuos, saludables y sanos (Mercosur, 1996).

**Budín (salado):** preparación a base de huevos, salsa blanca y otros alimentos subdivididos mezclados y cocinados en un molde (budinera).

**Budín (dulce):** preparación a base de harina, leche, grasa o manteca, azúcar, huevos, agregado de polvo de hornear, cocinados en un molde (budinera).

Budín inglés: con agregado de frutas secas y abrillantadas.

Budín de pan: es el producto obtenido por la cocción de una masa elaborada con pan, leche, azúcar, huevos, con o sin agregado de polvo de hornear.

Budín de cereales (sémola, harina de maíz): mezcla de cereal cocido con azúcar y huevo.

**Cadena alimentaria:** conjunto de actores involucrados en las actividades de producción primaria, transformación, transporte, distribución, comercialización y consumo (*RBN*).

**Caldo:** líquido en el que se ha hervido carne, huesos, hortalizas o mezclas de estos, hasta que se ha extraído la mayor parte de la materia prima hidrosoluble. Se usa como base de sopas y salsas.

**Calidad:** grado en que un conjunto de características o rasgos diferenciadores inherentes, es decir, propios de los productos, les confiere la aptitud para satisfacer los requisitos, las necesidades o las expectativas establecidas, generalmente implícitas u obligatorias (UNIT-ISO 9000:2005).

**Calidad alimentaria:** conjunto de atributos que se deben cumplir para satisfacer a los

clientes. Uno de los principales atributos de calidad es la inocuidad, otros son la calidad sensorial y la nutricional.

**Calidad higiénica:** exigencia de seguridad (salubridad e inocuidad del alimento), ausencia microbiana de patógenos y de alteraciones en general (residuos nocivos para el organismo) (Cervera y otros, 1999).

**Calidad nutricional:** ligada al valor energético y al contenido de nutrientes. Depende de la composición del alimento o la preparación, de la biodisponibilidad y de las necesidades nutricionales del individuo (Cervera y otros, 1999).

**Calidad sensorial:** sensaciones visuales, olfativas, gustativas, de tacto, de sonido y digestivas que se experimentan después de haber ingerido un alimento (Cervera y otros, 1999).

**Canal:** cuerpo de la res al cual se le ha retirado piel, manos, patas y vísceras.

**Canelones:** panqueques o láminas rectangulares de pasta que se rellenan de un picadillo de carne, pescado, vegetales, entre otros, y se enrollan. Normalmente se cubren con salsa de tomate o bechamel y se gratinan (canelones a la Rossini).

**Cazuela:** guisado que se hace en una vasija por lo común redonda y de barro.

**Churrasco:** trozo de carne en forma de lonja o filete grueso que se prepara en general a las brasas, a la plancha o a la parrilla.

**Cocción:** operación (tratamiento térmico) capaz de transformar de modo físico y químico el aspecto, la textura, el valor nutritivo y la calidad microbiológica de un alimento mediante la acción del calor (Bello Gutiérrez, 1998).

**Compota:** fruta fresca o desecada, cocida entera o en partes, en almíbar liviano.

**Controlar:** adoptar todas las medidas necesarias para asegurar y mantener el cumplimiento de los criterios establecidos en el plan de HACCP (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Corte de carne:** parte de la canal con límites previamente especificados y de fácil identificación anatómica. Por ejemplo, delantero bovino: pecho cruzado, aguja, costillas redondas, paleta; trasero bovino: costillas con o sin lomo, nalga, cuadril, colita de cuadril, cadera, rueda, asado con vacío.

**Crema:** preparación a base de mezcla de cereal, leche y azúcar. Se cocina a fuego suave hasta adquirir una consistencia espesa y la cocción completa del cereal. Puede aromatizarse con vainilla, café, etcétera.

**Croquetas:** preparación a base de diferentes ingredientes unidos por una salsa blanca muy espesa o a base de puré de papas, en ambos casos ligados con huevo. Se les da la forma de pequeños cilindros o bolitas empanados y fritos por inmersión u horneados.

**Desinfección:** reducción del número de microorganismos presentes en el medio ambiente, por medio de agentes químicos o métodos físicos, a un nivel que no comprometa la inocuidad o la aptitud del alimento (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Desviación:** situación existente cuando un límite crítico es incumplido (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Diagrama de flujo:** representación sistemática de la secuencia de fases u operaciones llevadas a cabo en la producción o elaboración de un determinado producto alimenticio (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Distribución de alimentos:** conjunto de tareas que se realizan para hacer llegar los alimentos hasta los lugares de entrega a sus consumidores; incluye el transporte en vehículos adecuados para tal fin (*RBN*. Capítulo 1. Sección I.1.57).

**Empanada:** pastel pequeño que se hace doblando la masa sobre sí misma, relleno de carne, pescado u otros alimentos, y cocido después en horno o fritura por inmersión.

**Ensalada:** preparación a base de alimentos crudos o cocidos en la que predominan los vegetales, a los que se adereza con una salsa.

Ensalada mixta: usualmente incluye hojas verdes y otros ingredientes crudos (por ejemplo: ensalada de lechuga y tomate).

Ensalada compuesta: presenta varios ingredientes cocidos o crudos.

Ensalada rusa: compuesta de papa, zanahoria y arvejas, aderezada con salsa mayonesa.

Ensalada de frutas: preparación a base de frutas subdivididas, en suspensión de zumo, caldo de frutas, almíbar o jarabe liviano.

**Especificaciones:** descripciones detalladas de las características de los alimentos.

**Fase:** cualquier punto, procedimiento, operación o etapa de la cadena alimentaria, incluidas las materias primas, desde la producción primaria hasta el consumo final (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Flan:** mezcla de leche, huevo, azúcar. La cocción se realiza a baño maría al horno, en molde acaramelado o enmantecado.

**Guiso:** preparado con salsa a base de carne o aves, verduras e incluso pescados. Combina dos tipos de cocción: los alimentos primero se sofríen con alguna sustancia grasa y después se dejan cocer lentamente en salsa de tomate aromatizada.

**Hamburguesa:** mezcla de carne picada, cocida a la plancha, asada, u horneada. Tiene forma circular.

**Higiene de los alimentos:** todas las condiciones y medidas necesarias para asegurar la inocuidad y la aptitud de los alimentos en todas las fases de la cadena alimentaria (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Huevo duro:** huevo cocido por vía húmeda, con cáscara. Luego de la cocción, la clara se presenta uniformemente coagulada y la yema homogéneamente cocida.

**Huevo frito:** huevo frito por inmersión, sin cáscara. Luego de la cocción, la clara se presenta uniformemente coagulada con bordes irregulares y la yema homogéneamente cocida.

**Huevo poché:** huevo cocido por vía húmeda en una mezcla de agua y vinagre, sin cáscara. Luego de la cocción, la clara se presenta uniformemente coagulada con bordes regulares y la yema homogéneamente cocida.

**Inocuidad de los alimentos:** garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparen o consuman de acuerdo con el uso al que se destinan (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Límite crítico:** criterio que diferencia la aceptabilidad o inaceptabilidad del proceso en una determinada fase (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Limpieza:** eliminación de tierra, residuos de alimentos, suciedad, grasa u otras materias no deseables (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Manipulación de alimentos:** conjunto de procedimientos alimentarios llevados a cabo mediante el empleo de las manos o de diversos útiles alimentarios, en contacto directo con el alimento (*RBN*. Capítulo 1. Sección 1.1.60).

**Manipulador de alimentos:** toda persona que manipula directamente alimentos envasados o no envasados, equipo y utensilios utilizados para los alimentos, o superficies que entren en contacto con los alimentos. Se espera, por tanto, que cumpla con los requerimientos de higiene de los alimentos (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Masa de hojaldre:** producto obtenido por la cocción de una masa elaborada con harina, agua y grasa comestible o manteca, que al cocinarse en horno presenta estructura foliada (milhojas).

**Medida correctiva:** acción que hay que adoptar cuando los resultados de la vigilancia en los puntos críticos de control (PCC) indican pérdida en el control del proceso (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Medida de control:** cualquier medida y actividad que puede realizarse para prevenir o eliminar un peligro para la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Menudencias:** también llamadas *achuras*, son diferentes órganos: corazón, timo (molleja), hígado, rumen (mondongo), intestino (chinchulín, tripa gorda), riñones, encéfalo (seso), testículos, ubres, lengua, rabo, diafragma y patitas de porcinos y ovinos.

**Milanesa:** filete de carne rebozado con pan rallado y huevo, frito por inmersión.

**Milanesa al horno:** filete de carne rebozado con pan rallado y huevo, horneado.

**Omelette:** preparación a base de huevos ligeramente batidos cocidos rápidamente sobre pequeña cantidad de aceite caliente en sartén u omelettera. El servicio puede ser arrollado o doblado. Se le suele agregar hierbas, queso, jamón o vegetales subdivididos.

**Operaciones:** acciones de agentes externos (físicos, biológicos o químicos) que modifican el alimento. Pueden clasificarse en operaciones de prepreparación, operaciones de preparación y operaciones finales.

**Panqueque:** disco de masa delgado hecho con harina, leche o agua, huevos, dorado de ambos lados en sartén o panquequera enmantecada o aceitada.

**Pastel:** mezcla de crema, fruta, vegetales o carnes horneados. Hay varias posibilidades:

- con base y cubierta de masa;
- cubierta por puré de papas, boniato o arroz;
- con base y cubierta de puré de papas, boniato o arroz.

**Peligro:** agente biológico, químico o físico presente en el alimento o en la condición en que este se halla, que puede causar un efecto adverso para la salud (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Pizza:** masa a base de harina, fermento biológico (levadura), agua y sal, cubierta con una salsa de tomate saborizada espesa, y horneada. Una variable posible es cubrirla con queso *mozzarella*, se denomina *pizza con mozzarella*.

**Plan de HACCP:** documento preparado de conformidad con los principios del sistema de HACCP, de tal forma que su cumplimiento asegura el control de los peligros que resultan significativos para la inocuidad de los alimentos en el segmento de la cadena alimentaria considerado (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Polenta:** plato de origen italiano a base de harina de maíz cocida.

**Porción:** cantidad media de alimento que debería ser consumida por personas sanas en cada ocasión de consumo, con la finalidad de promover una alimentación saludable (*RBN*).

**Porción de referencia o unidad de servicio:** unidad arbitraria de referencia determinada por una unidad de la preparación que tiene un valor nutricional conocido. La unidad de la preparación puede expresarse en medidas estandarizadas, unidades o fracciones a partir de un volumen estandarizado.

**Preparación de alimentos:** procedimientos a los que se someten los alimentos con el fin de desarrollar cualidades sensoriales, con la máxima inocuidad y el mínimo deterioro nutricional.

**Preparación culinaria:** alimento preparado mediante procedimientos de elaboración propios de la cocina, con o sin envasado ulterior (*RBN*. Capítulo 1. Sección 1.1.15).

**Procedimiento alimentario:** conjunto de operaciones y procesos alimentarios. Por extensión se entiende por *procedimiento de elaboración* el conjunto de operaciones y procesos alimentarios practicados sobre los ingredientes alimentarios con la finalidad de obtener un alimento elaborado (*RBN*. Capítulo 1. Sección 1.1.12).

**Procedimiento de elaboración:** conjunto de operaciones estructuradas en secuencias lógicamente predeterminadas para lograr los mejores resultados en el producto final.

**Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (SSOP):** procedimientos operativos estandarizados que describen tareas de limpieza y desinfección de equipos, superficies, instrumentos, utensilios, etc. que están en contacto con los alimentos. Deben aplicarse antes, durante y después de las operaciones de elaboración.

**Proceso alimentario:** toda acción o tratamiento ejercido sobre un alimento o sobre los ingredientes alimentarios que transforma química o bioquímicamente alguno o varios de sus componentes (*RBN*. Capítulo 1. Sección 1.1.14).

**Programa de prerrequisitos:** condiciones y actividades básicas necesarias para mantener, durante toda la cadena alimentaria, un entorno higiénico apropiado para la producción, manipulación y puesta a disposición de productos acabados y alimentos seguros para el consumo humano (ISO 22000).

**Punto crítico de control (PCC):** fase en la que puede aplicarse un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Puré:** preparación a base de vegetales cocidos y pisados con o sin agregado de elemento líquido para lograr una consistencia cremosa y húmeda.

**Puré mixto:** puré a base de mezclas de vegetales.

**Ravioles:** pasta fresca de forma cuadrada rellena de queso, pollo, jamón, hongos o vegetales.

**Salsa:** preparación líquida o semilíquida saborizada. Puede ser fría o caliente, espesa o liviana, dulce o salada.

- Salsa blanca o bechamel: mezcla de leche, harina o almidón de maíz con manteca o aceite, cocida a fuego lento hasta espesar. La proporción del elemento espesante da lugar a cuatro tipos básicos: liviana, mediana, espesa y muy espesa. Su nombre deriva de Louis de Béchameil, cortesano de Luis XIV.
- Salsa boloñesa: preparación semilíquida a base de pulpa de tomate y carne, condimentada.
- Salsa de tomate: preparación semilíquida a base de pulpa de tomate, condimentada.
- Salsa vinagreta o francesa: emulsión temporal de aceite y ácido (vinagre), saborizada con sal y eventualmente pimienta blanca molida.

**Sistema de HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points):** sistema que permite identificar, evaluar y controlar peligros significativos para la inocuidad de los alimentos (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009). Para poder aplicar el sistema, la empresa debe, necesariamente, tener implementados los dos anteriores: BPM (Buenas Prácticas de Manufactura) y SSOP (Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento).

**Sopa:** preparación líquida o semilíquida que se sirve en los tiempos de comida correspondientes a almuerzo o cena en primer término; también puede ser utilizada como colación. La base es el caldo proveniente de la cocción por vía húmeda de carnes y verduras, o solo de verduras.

- Sopa crema: caldo espesado con cereales.
- Sopa de pastines: fideos de tamaño muy pequeño cocidos en caldo.
- Sopa de verdura: caldo con verduras generalmente cortadas en juliana.
- Sopa puré: las hortalizas se encuentran pureteadas.

**Scons:** panes rápidos elaborados con harina de trigo, leche, manteca, sal y polvo de hornear.

**Soufflé dulce:** preparación a base de crema o crema inglesa a la que se le incorpora clara de huevo batida a nieve, aromatizada o con adición de un puré de frutas.

**Soufflé salado:** preparación a base de salsa blanca muy espesa mezclada con alimentos subdivididos (picados, rallados, pureteados) ligados con yema de huevo a la que se incorporan claras de huevo batidas a nieve. La cocción se realiza al horno en molde alto y a baño maría.

**Tarta:** base de masa fina que se cubre o rellena con ingredientes salados o dulces (no presenta cobertura de masa).

**Torta:** masa a base de harina, azúcar, huevo. Hay gran variedad, en general se distinguen:

- Bizcochuelo: harina, azúcar y huevo. Existen bizcochuelos con menor cantidad de huevos y con agregado de un elemento líquido.
- Torta ángel: harina, azúcar, claras batidas a nieve, crémor tártaro.
- Torta de aceite: igual a la torta de manteca, se sustituye la manteca por aceite (la cantidad de aceite es el 50% con respecto a la manteca).
- Torta de manteca: harina, azúcar, manteca, huevo, líquido (leche o zumo de frutas), agente de crecimiento químico.

**Torta pascualina:** base y cubierta de masa fina que se rellena con mezcla de vegetales (habitualmente acelga o espinaca), condimentados, ligados con huevo. En el relleno se distribuye huevo duro. La misma preparación sin huevo duro suele denominarse de igual manera o como torta del vegetal de relleno (*torta de acelga, torta de espinaca*).

**Tortilla:** preparación a base de una mezcla de huevos y vegetales o cereales, frita de ambos lados en pequeña cantidad de aceite.

- Tortilla al horno: preparación a base de una mezcla de huevos y vegetales o cereales, horneada.
- Tortilla esponjosa: preparación a base de una mezcla de vegetales a la que se incorpora clara de huevo batida a nieve, horneada.

**Trazabilidad:** habilidad para seguir el movimiento de un alimento a través de los pasos específicos de producción, procesado y distribución (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2005).

**Validación:** constatación de que los elementos del plan de HACCP son efectivos (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Verificación:** aplicación de métodos, procedimientos, ensayos y otras evaluaciones, además de la vigilancia, para constatar el cumplimiento del plan de HACCP (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

**Vigilar:** llevar a cabo una secuencia planificada de observaciones o mediciones de los parámetros de control para evaluar si un PCC está bajo control (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2009).

## Bibliografía

- BELLO GUTIÉRREZ, J.: *Ciencia y tecnología culinaria*. Madrid: Díaz Santos, 1998.
- CERVERA, P., J. CLAPES Y R. RIGOLFAS: *Alimentación y dietoterapia*. 3.ª ed., Madrid: McGraw-Hill, 1999.
- Comisión del Codex Alimentarius: Manual de procedimiento. 15a. ed., Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Organización Mundial de la Salud (OMS), 2005. Disponible en línea en: < [ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/ProcManuals/Manual\\_15s.pdf](ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/ProcManuals/Manual_15s.pdf)>, consultado 22/02/2016
- COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS. Manual de procedimiento. 21ª Edición. Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, 2013. Disponible en línea en: <http://www.fao.org/3/a-i3243s.pdf>
- COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS: *Codex alimentarius. Higiene de los alimentos. Textos básicos*. 4.ª ed., Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Organización Mundial de la Salud (OMS), 2009.
- Mercosur: «Res. 80/96. Reglamento técnico del Mercosur sobre las condiciones higiénico-sanitarias y de buenas prácticas de fabricación para establecimientos elaboradores/industrializadores de alimentos», Brasilia: GMC, 1996. Reglamento Bromatológico Nacional. Decreto 315/994. 5.ª ed., Montevideo: IMPO, 1994.
- Mercosur/GMC/RES N° 80/96. *Reglamento Técnico del Mercosur sobre las condiciones higiénico-sanitarias y de buenas prácticas de fabricación para establecimientos elaboradores/industrializadores de alimentos*. XXIII GMC, Brasilia 11/10/96
- Reglamento Bromatológico Nacional*. Decreto 315/994. 5.ª Edición, Montevideo: IMPO, 2012.





Esta publicación cuenta con el apoyo de la Comisión Sectorial de Enseñanza de la Universidad de la República. Forma parte de la serie «Manuales de aprendizaje» que tiene como objetivo mejorar las condiciones de aprendizaje de los estudiantes y, al mismo tiempo, propiciar la autoformación docente mediante la reflexión sobre sus prácticas y sobre el estado del arte en su disciplina. Secundariamente, esta publicación pretende colaborar en la constitución de tradiciones disciplinares y culturas educativas nacionales.

ISBN: 978-9974-0-1585-2



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



comisión sectorial  
de enseñanza