



GRUPO BLR

PRINCIPIOS Y APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

FUNDAMENTOS CIENTÍFICOS, PROCESOS INDUSTRIALES, SEGURIDAD ALIMENTARIA Y SOSTENIBILIDAD



2026

ISABEL ENMA GUERRA TORRES

ISBN: 978-9907-802-06-1

PRINCIPIOS Y APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

**AUTORA:
ISABEL ENMA GUERRA TORRES**



Este libro ha sido debidamente examinado y valorado en la modalidad doble par ciego con fin de garantizar la calidad científica.

©Grupo Editorial BLR
Universidad Estatal de Bolívar
Riobamba – Ecuador
Correo: publicaciones@grupobl.com
<https://grupobl.com/libros-investig>
REPOSITORIO



Guerra, I. (2026) Principios y aplicaciones de la tecnología de los alimentos. Grupo Editorial BLR.

© Isabel Enma Guerra Torres

ISBN: 978-9907-802-06-1

El copyright promueve la libertad de expresión, protege la diversidad de ideas y conocimiento, además apoya la libre expresión. Se prohíbe de manera rigurosa la producción o el almacenamiento de esta publicación, ya sea en su totalidad o en parte, está estrictamente prohibido por ley, incluyendo el diseño de la portada, así como su difusión a través de cualquiera de sus medios, ya sean electrónicos, mecánicos, ópticos, de grabación o incluso de fotocopia, sin permiso de los propietarios de los derechos de autor.

FILIACIÓN DE LA AUTORA

Isabel Enma Guerra Torres

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Correo Electrónico: iguerra@esPOCH.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0436-7518>



ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 11 |
| CAPÍTULO I | 17 |
| LA TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS UNA DISCIPLINA CIENTÍFICA | 17 |
| 1.1. Fundamentos conceptuales..... | 18 |
| 1.2. Importancia de una ciencia que transforma los alimentos | 18 |
| 1.3. Alcance y desafíos futuros | 19 |
| 1.4. Conexiones multidisciplinares de la tecnología alimentaria..... | 20 |
| 1.4.1. Química: La ciencia que revela lo invisible..... | 21 |
| 1.4.2. Microbiología: Aliada de la inocuidad y la salud | 26 |
| 1.4.3. Ingeniería: Convertir la ciencia en soluciones tangibles..... | 28 |
| 1.4.4. Biotecnología: Transformar la naturaleza con inteligencia | 29 |
| 1.4.5. Nutrición: Ciencia que conecta con la vida..... | 34 |
| 1.4.6. Ciencias ambientales: Alimentar protegiendo al planeta..... | 39 |
| 1.4.7. Economía y ciencias sociales: El alimento como hecho cultural..... | 40 |
| 1.4.8. Aplicaciones integradas en la cadena alimentaria..... | 40 |
| 1.5. Ciencia y tecnología de alimentos a lo largo de la historia..... | 41 |
| 1.6. Procesamiento moderno y biotecnología en el siglo XX..... | 44 |
| 1.7. La era moderna: Alimentos funcionales, sostenibilidad y tecnologías emergentes | 45 |
| 1.8. Tendencias actuales y futuras en la industria de alimentos | 46 |
| 1.8.1. Innovación y desarrollo de nuevos productos..... | 46 |
| 1.8.2. Conservación y seguridad alimentaria | 46 |
| 1.8.3. Calidad y valor nutricional..... | 47 |
| 1.8.4. Innovación en envases y sostenibilidad | 47 |

| | |
|---|-----------|
| 1.8.5.Reducción del desperdicio alimentario y economía circular | 47 |
| CAPÍTULO II | 49 |
| SISTEMAS DE ENVASADO Y ETIQUETADO DE ALIMENTOS | |
| PROCESADOS: CIENCIA, SEGURIDAD Y FUTURO | |
| SOSTENIBLE | 49 |
| PARTE 1. El envasado una herramienta de conservación y | |
| seguridad alimentaria | 49 |
| 2.1. Envases: Definiciones | 49 |
| 2.2. El envasado y su importancia en la cadena de producción de | |
| alimentos | 50 |
| 2.3. Clasificación de los envases por su estructura jerárquica | 51 |
| 2.4. El envase como sistema funcional en la industria alimentaria... | 52 |
| 2.5. Panorama general de los materiales utilizados en el envasado de | |
| alimentos | 54 |
| 2.5.1.Principales materiales convencionales para los envases | 54 |
| 2.5.2.Tecnología de polímeros aplicada al envasado | 59 |
| 2.5.3.Polímeros no biodegradables (plástico) | 59 |
| 2.5.4.Polímeros biodegradables | 60 |
| 2.6. Interacción del envase con los productos..... | 63 |
| 2.7. El envasado activo, una estrategia innovadora para conservar los | |
| alimentos | 64 |
| 2.7.1.Agentes antimicrobianos | 65 |
| 2.7.2.Agentes antioxidantes | 65 |
| 2.7.3.Absorbentes de oxígeno | 66 |
| 2.7.4.Captadores de dióxido de carbono | 66 |
| 2.7.5.Captadores de etileno | 66 |

| | |
|---|-----------|
| 2.8. Envases inteligentes: Sistemas avanzados para la conservación y monitoreo de alimentos | 67 |
| 2.8.1. Tecnologías emergentes (envases inteligentes) en la industria alimentaria..... | 67 |
| 2.8.2. Dispositivos en envases inteligentes, innovación al servicio de la calidad alimentaria | 69 |
| 2.9. Tendencias futuras y desafíos del envasado en alimentos procesados | 71 |
| 2.10. Legislación y normativa técnica aplicable a los envases en alimentos | 72 |
| PARTE 2: El etiquetado como parte integral del sistema alimentario | 73 |
| 2.11. Introducción | 73 |
| 2.12. El etiquetado: Definición | 74 |
| 2.13. Funciones generales del etiquetado..... | 74 |
| 2.14. Innovaciones y futuro del etiquetado nutricional..... | 75 |
| 2.15. Etiquetado nutricional, una guía informativa para la salud..... | 76 |
| 2.15.1. Descripciones generales | 77 |
| 2.15.2. Declaración de propiedades nutricionales (<i>claims</i> nutricionales) y de salud..... | 80 |
| 2.15.3. Etiquetado frontal de alimentos (EFA) | 84 |
| 2.15.4. Información nutricional o declaración de nutrientes..... | 90 |
| 2.15.5. Etiquetado nutricional: Unidades y formatos | 91 |
| 2.15.6. Guía para calcular la Información Nutricional de etiquetas.. | 93 |
| 2.16. Guía práctica ¿Cómo leer una etiqueta nutricional? | 96 |
| CAPÍTULO III | 99 |

| | |
|---|-----------|
| LA TECNOLOGÍA APLICADA A LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS | 99 |
| PARTE I. Procesos de transformación de alimentos | 99 |
| 3.1. Introducción | 99 |
| 3.2. Materias primas en la industria de alimentos | 100 |
| 3.2.1. Generalidades | 100 |
| 3.2.2. Características de calidad | 100 |
| 3.2.3. Etapas previas de tratamiento: Recepción y almacenamiento . | 101 |
| 3.2.4. Etapa de acondicionamiento | 102 |
| 3.2.5. Muestreo | 102 |
| 3.3. Operaciones unitarias: Conceptos y categorías de clasificación.... | |
| | 103 |
| 3.3.1. Transferencia de masa | 103 |
| 3.3.2. Transferencia de energía | 104 |
| 3.3.3. Transferencia de cantidad de movimiento | 106 |
| 3.3.4. Transferencia simultánea de masa y calor | 106 |
| 3.3.5. Operación unitaria compleja y simultánea: Extrusión | 107 |
| 3.3.6. Operaciones unitarias complementarias | 108 |
| 3.4. Diseño de procesos y criterios de ingeniería | 109 |
| 3.4.1. Diagrama de flujo (bloques) | 109 |
| 3.4.2. Diagrama de procesos | 109 |
| 3.4.3. Balance de materia y energía | 111 |
| 3.4.4. Ejemplo práctico | 112 |
| 3.4.5. Balance de energía | 114 |
| 3.4.6. Ejemplo práctico: Pasteurización de la leche | 115 |
| 3.4.7. Integración de balances (Materia + Energía) | 116 |
| 3.5. Control de calidad y seguridad alimentaria | 117 |

| | |
|--|-----|
| 3.5.1. Calidad e Inocuidad de alimentos | 118 |
| 3.5.2. Gestión de la seguridad alimentaria: Norma Internacional ISO 22000..... | 119 |
| 3.5.3. Herramientas de gestión para garantizar la calidad e inocuidad alimentaria..... | 119 |
| 3.5.4. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) | 120 |
| 3.5.5. Análisis de Riesgos y puntos Críticos de Control (HACCP)..... | 120 |
| 3.5.6 La trazabilidad en la cadena alimentaria..... | 121 |
| 3.6. Herramientas digitales de inocuidad y trazabilidad en la cadena de suministros | 123 |
| PARTE II. Métodos de conservación: evolución, técnica y aplicaciones.. | 125 |
| 3.7. Introducción | 125 |
| 3.8. Esquema de la clasificación de los métodos de conservación. | 126 |
| 3.9. Tratamientos térmicos | 126 |
| 3.9.1. Pasteurización | 128 |
| 3.9.2. Esterilización..... | 129 |
| 3.9.3. Escaldado | 130 |
| 3.9.4. Deshidratación..... | 130 |
| 3.10. Conservación por frío..... | 131 |
| 3.10.1. Refrigeración | 131 |
| 3.10.2. Congelación..... | 132 |
| 3.10.3. Liofilización | 132 |
| 3.11. Métodos químicos | 135 |
| 3.11.1. Sales y azúcares (deshidratación osmótica y reducción de Aw)..... | 135 |

| | |
|---|------------|
| 3.11.2. Ácidos y acidificantes (control de pH)..... | 136 |
| 3.11.3. Antioxidantes y quelantes | 136 |
| 3.11.4. Conservantes específicos..... | 137 |
| 3.11.5. Gases y atmósferas (envasado activo y MAP) | 137 |
| 3.12. Métodos biológicos | 137 |
| 3.12.1. Fermentación | 138 |
| 3.12.2. Bacteriocinas y metabolitos de LAB (biopreservativos)..... | 140 |
| 3.12.3. Bacteriófagos y endolisinas (control específico de patógenos)..... | 140 |
| 3.12.4. Probióticos y postbióticos | 140 |
| 3.12.5. Extractos naturales y fitoactivos..... | 141 |
| 3.13. Estrategias combinadas (<i>hurdle technology</i>) | 143 |
| 3.14. Tecnologías emergentes no térmicas: Innovación y sostenibilidad.. | 143 |
| 3.14.1. Plasma frío..... | 144 |
| 3.14.2. Tecnología de luz pulsada | 144 |
| 3.14.3. Alta presión hidrostática (HPP)..... | 145 |
| 3.14.4. Radiación ultravioleta (UV) | 145 |
| 3.14.5. Tratamiento con ozono..... | 145 |
| 3.14.6. Campos eléctricos pulsados (PEF) | 145 |
| 3.14.7. Irradiación | 148 |
| 3.14.8. Microencapsulación de compuestos bioactivos | 149 |
| 3.14.9. Nanotecnología aplicada a la ciencia y tecnología de alimentos... | 152 |
| CAPÍTULO IV..... | 157 |
| FUNDAMENTO CIENTÍFICO Y TECNOLOGÍA DE MATERIAS ALIMENTARIAS | 157 |

| | |
|---|-----|
| 4.1. Introducción | 157 |
| 4.2. Tecnología de la carne: Ciencia y aplicaciones industriales.... | 158 |
| 4.2.1. Valor nutricional y características funcionales | 158 |
| 4.2.2. Propiedades físico-químicas de las proteínas musculares..... | 159 |
| 4.2.3. Etapas primarias en la obtención de la carne | 160 |
| 4.2.4. Procesos de conservación y transformación | 162 |
| 4.2.5. Productos cárnicos: Materias primas, aditivos, especias y condimentos | 164 |
| 4.2.6. Tecnología de productos cárnicos..... | 165 |
| 4.3. Leche y productos lácteos: Fundamentos científicos y tecnológicos..... | 167 |
| 4.3.1. Composición y propiedades físico-químicas | 167 |
| 4.3.2. Sistema multifásico integral de la organización química de la leche..... | 168 |
| 4.3.3. Etapas primarias en la obtención de la leche | 169 |
| 4.3.4. Procesamiento térmico de la leche..... | 170 |
| 4.3.5. Productos lácteos: Clasificación y elaboración..... | 171 |
| 4.4. Cereales: Ciencia, tecnología e innovación | 179 |
| 4.4.1. Clasificación y estructura..... | 179 |
| 4.4.2. Valor nutricional y propiedades funcionales..... | 180 |
| 4.4.3. Fundamentos tecno-funcionales de las proteínas de los cereales..... | 182 |
| 4.4.4. Procesamiento de cereales y obtención de productos | 184 |
| 4.4.5. Obtención de gluten y almidón | 188 |
| 4.4.6. Gelatinización y dextrinización del almidón, en la extrusión de cereales..... | 189 |
| 4.4.7. La tecnología del malteado y elaboración de la cerveza..... | 191 |

| | |
|---|-----|
| 4.4.8. Subproductos del procesamiento de cereales..... | 192 |
| 4.4.9. Cereales listos para el consumo CLPC | 193 |
| 4.4.10. Productos de panificación: Ingredientes, proceso tecnológico..... | 194 |
| 4.5. Tecnología de leguminosas: Una visión integral de la ciencia a la industria..... | 198 |
| 4.5.1. Componentes nutricionales y potencial funcional | 199 |
| 4.5.2. Leguminosas en la industria alimentaria: Bases tecnológicas y funcionales | 201 |
| 4.5.3. Extracción de proteínas: Enfoques aplicados en leguminosas..... | 203 |
| 4.5.4. Optimización del perfil sensorial de las leguminosas | 204 |
| 4.6. Tecnología de frutos secos y semillas: Bases científicas y aplicaciones | 205 |
| 4.6.1. Aspectos nutricionales y bioactivos..... | 206 |
| 4.6.2. Tecnología y aplicaciones en la industria de alimentos | 207 |
| 4.7. Mezclas alimentarias: Proteínas vegetales aminoacídicamente complementadas | 209 |
| 4.7.1. Principio de la complementación proteica y perfil de aminoácidos..... | 210 |
| 4.7.2. Fuentes de proteínas alternativas y aplicaciones en la industria de alimentos | 213 |
| 4.8. Ciencia y tecnología de frutas y vegetales | 215 |
| 4.8.1. Propiedades nutritivas y funcionales..... | 216 |
| 4.8.2. Factores que afectan la calidad de frutas y vegetales..... | 217 |
| 4.8.3. Operaciones de una planta empacadora de frutas y hortalizas..... | 219 |

| | |
|---|------------|
| 4.8.4. Procesamiento y conservación: Operaciones preliminares | 220 |
| 4.8.5. Conservación de frutas y vegetales: Principios y métodos tradicionales | 222 |
| 4.8.6. Tecnologías emergentes de conservación | 224 |
| 4.8.7. Tecnología de conservas de frutas: Confituras, jaleas y mermeladas | 229 |
| 4.8.8. Mermeladas: Ingredientes, especificaciones técnicas y posibles defectos | 233 |
| 4.8.9. Tecnología aplicada a la elaboración de vegetales | 235 |
| CAPÍTULO V | 237 |
| ESTUDIO DEL PERFIL DE NUTRIENTES Y PRODUCTOS ESPECIALES PARA DIFERENTES GRUPOS ETÁREOS | 237 |
| 5.1. Introducción | 237 |
| 5.2. Rol de la industria alimentaria en la calidad nutricional..... | 238 |
| 5.3. Sistema NOVA: Clasificación de alimentos por el grado de procesamiento | 240 |
| 5.4. Efectos del procesamiento en el perfil de nutrientes..... | 243 |
| 5.5. Alimentos Funcionales (AF): Pilares para una nutrición y salud integradas | 245 |
| 5.5.1. Definición y origen de los alimentos funcionales (AF) | 246 |
| 5.5.2. Categoría de los alimentos funcionales: Un análisis desde la nutrición y tecnología alimentaria..... | 247 |
| 5.5.3. Compuestos bioactivos en alimentos funcionales..... | 252 |
| 5.5.4. Nutraceuticos y alimentos funcionales..... | 258 |
| 5.6. Definición de Sistemas de Perfil de Nutrientes (SPN) | 258 |

| | |
|---|------------|
| 5.7. Aplicaciones de los Perfiles de Nutrientes: Diseño y población objetivo..... | 259 |
| 5.8. Análisis de modelos de perfil de nutrientes: Modelo de la OPS..... | 261 |
| 5.9. Marco regulador para el uso de declaraciones nutricionales..... | 264 |
| 5.10. Sistema gráfico de etiquetado de alimentos procesados en Ecuador. | 266 |
| 5.11. Diseño de productos basados en un perfil nutricional específico... .. | 267 |
| 5.11.1. Formulación del producto | 267 |
| 5.11.2. Selección de ingredientes (materia prima) | 269 |
| 5.11.3. Optimización tecnológica del proceso | 270 |
| 5.11.4. Validación sensorial y aceptación del consumidor | 272 |
| 5.11.5. Cumplimiento regulatorio y etiquetado nutricional | 273 |
| 5.11.6. Aseguramiento de la calidad | 274 |
| 5.12. Aplicación del SPN en un producto elaborado | 274 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 277 |

INTRODUCCIÓN

La tecnología de alimentos se ha consolidado como una disciplina científica estratégica que garantiza la seguridad, calidad y sostenibilidad de los alimentos, en la que se ha integrado los conocimientos de química, microbiología, ingeniería, nutrición y gestión industrial. El propósito de esta obra, *Principios y Aplicaciones de la Tecnología de los Alimentos*, es ofrecer al lector especialmente estudiantes universitarios, docentes, investigadores y profesionales del ámbito alimentario un referente conceptual y aplicativo que exponga cómo la ciencia y la innovación tecnológica permiten transformar materias primas en alimentos seguros, nutritivos y funcionales. La investigación que sustenta el libro se fortalece en el análisis crítico de literatura especializada, en la revisión de normativas nacionales e internacionales y la sistematización de experiencia docente y tecnológica, que permite brindar una visión amplia sobre los principios, métodos y aplicaciones que identifican esta disciplina, destacando su importancia no solo como un conjunto de operaciones técnicas, sino como un ámbito estratégico que integra ciencia, ética y sostenibilidad, capaz de responder a los desafíos de la producción alimentaria moderna, la creciente demanda global y la protección de la salud del consumidor. La intencionalidad de la obra es brindar a docentes, investigadores y futuros profesionales una comprensión clara del valor y alcance de esta disciplina, promoviendo la reflexión crítica y la capacidad de aplicar los principios científicos en contextos reales de investigación y producción industrial.

En el primer capítulo, se caracteriza la tecnología de alimentos como una “Disciplina científica e interdisciplinaria”, consecuencia de una

construcción histórica de saberes que explican, controlan y optimizan los procesos de transformación y conservación de los alimentos. A través de una revisión documental y el análisis histórico-crítico de varios autores, se resume los factores que impulsaron su desarrollo, desde las prácticas empíricas hasta los procesos científicos y estandarizados. Los argumentos centrales se orientan a demostrar, que el avance de esta ciencia responde a la necesidad de propiciar de una alimentación bajo principios de inocuidad, calidad, ética y sostenibilidad, a una población en constante crecimiento, invitando así al lector a comprender el papel de la tecnología en la producción de alimentos seguros, sostenibles y de alta calidad, como lo menciona, principalmente de (Fellows, 2021). Para ello, es importante también revisar las conexiones multidisciplinarias en la ciencia y tecnología de alimentos que representan la verdadera fortaleza del campo. Por otro lado, el estudio en resumen sobre el origen y evolución de la tecnología de alimentos, basado en (Akhila, 2022) ha sido clave para comprender el progreso de la alimentación; estableciendo así la base conceptual para los capítulos posteriores de la obra.

El segundo capítulo aborda “El envasado y el etiquetado de alimentos” como componentes esenciales del sistema alimentario moderno y pilares tecnológicos y regulatorios de la inocuidad, la calidad y la sostenibilidad. Un enfoque metodológico basado en el análisis documental de normativas, la comparación de tecnologías y la interpretación crítica de sus implicaciones industriales, ha permitido el estudio de los principios científicos y funcionales del envasado, así como también, su complemento “el etiquetado”, un instrumento técnico,

informativo y educativo. Basados, en varios autores entre ellos (Hemavathi & Siddaramaiah, 2023), (Ramírez-Navas & et al., 2024), los argumentos, centrales recalcan que envase y etiqueta conforman un sistema integrado donde convergen ciencia, ingeniería, legislación y comunicación, facilitando al lector comprender su influencia en la protección de la salud, la veracidad informativa y el comportamiento de compra responsable.

En el tercer capítulo, “Tecnología aplicada a la industria de alimentos”, se analizan los principios tecnológicos que sustentan la transformación y conservación industrial de los alimentos. La metodología se apoya en la revisión de fuentes especializadas, el estudio de diagramas de flujo y la aplicación conceptual de herramientas de cuantificación y control de procesos. Para la clasificación de las operaciones unitarias tema de especial énfasis se toma en cuenta el mecanismo principal de transferencia de acuerdo a (Ibarz & Barbosa-Cánovas, 2011). Las principales afirmaciones del análisis se centran en demostrar la manera en que la estructuración y la gobernanza de los procesos, respaldadas por criterios de calidad y seguridad (como ISO 22000, BPM y HACCP), facilita la comprensión del lector de la industria alimentaria como un marco de optimización multifacético, en el que la integración del conocimiento científico y los avances tecnológicos es esencial para garantizar la seguridad de los productos. El análisis de las metodologías de conservación se lleva a cabo desde una perspectiva histórica, comparativa y prospectiva, analizando su evolución desde prácticas tradicionales hasta técnicas modernas de conservación de alimentos, lo que ejemplifica una síntesis de la

investigación científica, los principios de ingeniería y las consideraciones de sostenibilidad. Esta sección tiene como objetivo proporcionar al lector una comprensión profunda de los fundamentos científicos que sustentan los métodos de conservación, al tiempo que fomenta un discurso crítico sobre los dilemas éticos, ambientales y tecnológicos a los que se enfrenta la industria alimentaria en su transición hacia paradigmas de producción sostenible.

El cuarto capítulo, “Fundamento científico y tecnología de materias primas alimentarias”, ofrece un análisis exhaustivo de las materias primas derivadas de fuentes animales y vegetales, asociando sus atributos de composición y características fisicoquímicas con su rendimiento funcional y aplicaciones tecnológicas. Mediante un examen de la literatura académica y de los estudios empíricos de campo, se investigan meticulosamente los principios científicos fundamentales en los que se basa la tecnología pertinente a estas materias primas, lo que subraya su utilización holística. Los principales argumentos afirman que la comprensión de la arquitectura molecular y las interacciones entre los componentes es esencial para diseñar metodologías que mejoren la calidad sensorial, nutricional y tecnológica, lo que permite al lector correlacionar los conocimientos teóricos con las prácticas industriales contemporáneas y las complejidades asociadas con un marco dietético diversificado y sostenible.

El quinto capítulo sobre “Estudio del perfil de nutrientes y productos especiales para diferentes grupos etarios” explora la interrelación entre la ciencia, la nutrición y la tecnología de los alimentos en el contexto del

desarrollo de productos adaptados a los diversos requisitos nutricionales, partiendo de la premisa de que los alimentos deben cumplir no solo los estándares de seguridad y calidad, sino también los criterios fisiológicos y de salud durante toda la vida. Se examina el rol de la industria alimentaria en la configuración de la calidad nutricional de los productos, destacando la importancia del sistema NOVA para clasificar los alimentos y comprender sus efectos sobre el perfil de nutrientes. Es así, que la revisión de modelos internacionales sobre perfil nutricional, así como en las directrices regulatorias que sustentan las declaraciones nutricionales y el sistema gráfico de etiquetado, son la base y orientación para la formulación y etiquetado de nuevos productos.

El perfil de nutrientes es una herramienta integral que busca promover entornos alimentarios más saludables y responsables, a través de políticas orientadas a prevenir enfermedades relacionadas con una alimentación inadecuada. Además, permite clasificar los alimentos según su calidad nutricional, lo que facilita orientar al consumidor hacia elecciones de alimentos y bebidas que contribuyan a mejorar su dieta (FINUT, 2016). El diseño de productos específicos empieza desde la formulación y selección de tecnologías de procesamiento hasta la validación sensorial, el cumplimiento normativo y el aseguramiento de la calidad. Los argumentos centrales del análisis resaltan que la tecnología alimentaria, constituye una herramienta esencial para promover productos funcionales, que respondan a las necesidades reales de la población y a las exigencias éticas y científicas de la industria moderna.

El desarrollo de este análisis académico resume una síntesis de diversas experiencias acumuladas en los ámbitos académico y profesional, en las que la pedagogía, la investigación empírica y la aplicación tecnológica convergen para facilitar el avance del conocimiento pertinente y utilitario. Cada capítulo se ha elaborado cuidadosamente con el objetivo de combinar el rigor científico con un marco pedagógico que aumente la comprensión y fomente el análisis crítico de los principios fundamentales y las aplicaciones inherentes al campo de la tecnología de alimentos. Como autora, mi intención ha sido ofrecer un material que no solo describa procesos o teorías, sino que invite al lector a comprender, cuestionar y aplicar el conocimiento en contextos reales de innovación, control de calidad, sostenibilidad y desarrollo de nuevos productos. Esta obra, fruto del compromiso con la formación científica y el avance tecnológico del sector alimentario, busca ser un recurso que inspire a estudiantes, docentes e investigadores a continuar profundizando en la comprensión de los alimentos como sistemas complejos y dinámicos, en los que la ciencia, la tecnología y la ética convergen para responder a los desafíos globales de la alimentación y la salud humana

CAPÍTULO I

LA TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS UNA DISCIPLINA CIENTÍFICA

La tecnología de alimentos se configura como una disciplina científica que integra conocimientos de la química, la biología, la ingeniería y la nutrición con el propósito de estudiar, transformar, conservar y garantizar la calidad de los productos alimenticios. Su desarrollo responde a la necesidad fundamental de asegurar un suministro de alimentos seguros, nutritivos y accesibles, adaptándose a los cambios sociales, económicos y tecnológicos. En este sentido, la tecnología de alimentos no se limita únicamente a los procesos industriales, sino que abarca desde la comprensión de las propiedades intrínsecas de las materias primas hasta la innovación en métodos de conservación, envasado y distribución.

Asimismo, este campo de estudio se ha posicionado como un conducto entre la investigación científica empírica y las exigencias de los consumidores, que demandan cada vez más productos alimenticios que integren calidad, seguridad y sostenibilidad. Los avances en ámbitos como la biotecnología, la nanotecnología y la digitalización del procesamiento han revelado nuevas perspectivas para la producción y la regulación de los alimentos, reforzando así su papel fundamental en el ámbito de la seguridad alimentaria mundial.

En este contexto, la tecnología alimentaria debe percibirse como un campo dinámico e interdisciplinario que se adapta de acuerdo con los

avances de la sociedad, proporcionando soluciones vanguardistas a los desafíos contemporáneos y futuros relacionados con la alimentación.

1.1. Fundamentos conceptuales

La tecnología de alimentos representa un dominio multidisciplinario integral que investiga los principios biológicos, químicos, físicos y de ingeniería empleados en los procesos de transformación, conservación, envasado, distribución y consumo de alimentos. Su objetivo principal es garantizar la seguridad alimentaria, mantener la integridad nutricional, mejorar las propiedades organolépticas y prolongar la vida útil de los productos alimenticios (Fellows, 2021). Como resultado, se ha convertido en una base crucial para la industria alimentaria contemporánea, ya que aborda la creciente demanda de productos alimenticios seguros, accesibles y de alta calidad por parte de una población mundial en constante crecimiento.

1.2. Importancia de una ciencia que transforma los alimentos

Esta disciplina surge en un punto clave donde se encuentran la ciencia, la ingeniería y la salud pública, y la verdad es que su importancia hoy es enorme. Formarse en esta área no solo ayuda a fortalecer los sistemas alimentarios en un mundo marcado por el crecimiento poblacional y el cambio climático, sino que también resulta fundamental para garantizar algo tan básico como el acceso a alimentos seguros y de calidad. Además, permite responder con mayor preparación a desafíos cada vez más complejos, como la escasez de recursos, la aparición de nuevas enfermedades y los cambios en los hábitos de consumo. En este contexto, la tecnología de alimentos se consolida como una ciencia

estratégica para el bienestar de las sociedades actuales y futuras.

1.3. Alcance y desafíos futuros

El alcance de la tecnología de alimentos es vasto y fundamental para la seguridad alimentaria mundial. La integración de tecnologías y enfoques innovadores permite mejorar la calidad de los alimentos, minimizar su impacto ambiental y satisfacer las demandas de una población en constante crecimiento (Fellows, 2021). No se puede apartar la importancia y el papel que juega en la seguridad alimentaria, a través de la obtención y comercialización de productos inocuos para el consumidor. La aplicación del almacenamiento por medio de diferentes métodos ha permitido prolongar la vida útil de los alimentos y reducir el desperdicio.

A su vez, dentro del mundo de la alimentación siempre ha existido una búsqueda constante por crear productos nuevos y mejores, no solo más agradables al gusto, al aroma o a la textura, sino también más útiles para el bienestar de las personas. La verdad es que prácticas como el enriquecimiento, la fortificación y otras técnicas han hecho posible desarrollar alimentos con menos grasa, azúcar o sodio, brindando al consumidor opciones más equilibradas y acordes con lo que hoy necesita y espera en su día a día.

En consecuencia, la alimentación del presente y del futuro también exige pensar en cómo producir de forma más responsable, impulsando tecnologías sostenibles que permitan cuidar los recursos naturales y, al mismo tiempo, fortalecer la seguridad alimentaria.

Por eso, estudiar tecnología de alimentos resulta fundamental, ya que permite garantizar la seguridad, la calidad y la sostenibilidad de lo que consumimos, además de comprender y controlar procesos clave como la producción, la conservación y la distribución. Y es que esta disciplina no solo aporta a la salud pública y a la reducción del desperdicio alimentario, sino que también impulsa la innovación de productos que respondan de manera real a las necesidades nutricionales de la población. Además, su carácter multidisciplinario abre la puerta a soluciones frente a desafíos tan complejos como el cambio climático, la escasez de recursos y el crecimiento demográfico, por lo que fomentar su estudio y aplicación es, sin duda, esencial para construir sistemas alimentarios más eficientes, más justos y mucho más resilientes.

1.4. Conexiones multidisciplinarias de la tecnología alimentaria

La ciencia de los alimentos se enfoca en entender qué contienen los alimentos, cómo están formados y qué cambios sufren a lo largo del tiempo o durante su procesamiento, mientras que la tecnología de alimentos toma todo ese conocimiento y lo convierte en acciones concretas: diseña procesos, conserva la calidad e impulsa la creación de productos nuevos y útiles. Según (Fellows, 2021), ambas están profundamente unidas, y la verdad es que una no funciona del todo sin la otra, la ciencia pone las bases y la tecnología las transforma en soluciones reales para la industria.

En efecto, al tratarse de una ciencia aplicada, la tecnología de alimentos se nutre de campos como la microbiología, la química de alimentos, la nutrición, la biotecnología, la ingeniería de procesos y la ciencia de los

materiales, lo que abre la puerta a innovaciones en procesamiento y conservación cada vez más necesarias. Además, estos avances no solo mejoran la calidad de los productos, sino que también tienen un efecto muy claro en la sostenibilidad ambiental, el desarrollo económico y la salud pública. Y es que ahí está, justamente, la verdadera fuerza de este campo: en su capacidad para integrar saberes distintos que, por separado, no lograrían el mismo impacto. No basta con tener buena ciencia o tecnología avanzada de manera aislada; el valor real aparece cuando cada disciplina aporta lo suyo y trabaja en conjunto: la química identifica y explica los componentes de los alimentos, la microbiología detecta los microorganismos presentes, la ingeniería de alimentos transforma la materia prima, la nutrición evalúa su aporte al bienestar humano y la biotecnología suma herramientas innovadoras que amplían, y mucho, las posibilidades de mejora y desarrollo.

1.4.1. Química: La ciencia que revela lo invisible

La química es una ciencia fundamental para la tecnología de alimentos, ya que permite comprender la composición molecular de los alimentos, sus reacciones durante el procesamiento y conservación, así como el desarrollo de nuevos ingredientes y aditivos. Los conocimientos de química orgánica e inorgánica, así como de bioquímica, permiten optimizar procesos como la fermentación, la hidrólisis de proteínas o la estabilización de emulsiones (Belitz, Grosch, & Schieberle, 2009). A través de su estudio los alimentos son importantes por su funcionalidad, identidad y transformación. Por lo tanto, el conocimiento y aplicación de la química ha permitido la comprensión y el mejoramiento del procesamiento y conservación de los alimentos, haciéndolos más

seguros y nutritivos, y adaptándolos a las exigencias y necesidades del consumidor.

Este tema cobra verdadera relevancia cuando se entiende que, detrás de cada alimento, hay reacciones químicas, equilibrios, procesos cinéticos y propiedades moleculares que influyen directamente en su calidad. La verdad es que comprender todo eso permite diseñar procesos tecnológicos más eficientes y crear productos más estables, seguros y agradables para el consumidor, tanto en sabor y aroma como en textura. Y es que no se trata solo de producir más, sino de lograr alimentos que realmente conserven sus características y generen confianza al momento de consumirse.

Es importante a través de ejemplos interpretar la articulación práctica entre la química y la tecnología de alimentos. El estudio de casos se resuelve a través del análisis químico y la sucesión de reacciones específicas, herramientas útiles para solucionar problemas de formulación, procesamiento, conservación y control de calidad en la industria alimentaria

Reacción de Maillard y desarrollo de color/sabor en productos horneados

- Factores a considerar en la formulación de galletas o panes: control del contenido de azúcares reductores y de proteínas; la temperatura y el tiempo de horneado.
- Se conoce que la reacción de Maillard es una reacción química que genera compuestos responsables del color dorado y de aromas

característicos, además puede producir sustancias indeseables si el calentamiento es excesivo.

- Por lo tanto, el control térmico y la formulación para alcanzar un color dorado atractivo y un buen aroma, minimizando el oscurecimiento excesivo y la formación de compuestos potencialmente nocivos, es el campo de aplicación de la tecnología.

Oxidación de lípidos y rancidez en aceites y productos grasos

- En los alimentos con alto contenido de grasa como los snacks fritos, deben monitorizarse el grado de insaturación de los lípidos y susceptibilidad a la oxidación.
- Se entiende desde el punto de vista químico, que la presencia de oxígeno, luz, metales traza y altas temperaturas aceleran la formación de peróxidos y productos secundarios responsables de olores y sabores rancios.
- Es así que tecnológicamente, se emplea antioxidantes, envases con baja permeabilidad al oxígeno y se regula las condiciones de fritura y almacenamiento para extender la vida útil y proteger la calidad sensorial.

Actividad de agua y estabilidad química de los alimentos

- Parámetros fundamentales de control en la estabilidad de productos como galletas, leche en polvo o sopas deshidratadas son la humedad y la actividad de agua (A_w).

- Así, la A_w es un factor químico que influye en la velocidad de reacciones como la oxidación, el pardeamiento no enzimático y la hidrólisis, estabilidad microbiológica.
- En efecto, a través de los procesos de secado, formulación y tipo de envase se disminuye la A_w limitando el crecimiento microbiano y reducción de reacciones de deterioro químico, sin comprometer la textura y aceptabilidad en los productos

pH y estabilidad de productos ácidos, como mermeladas y bebidas

- Para el procesamiento de mermeladas, néctares de fruta o encurtidos, el pH es un parámetro químico clave.
- Medir los valores de pH ácidos favorecen la gelificación de la pectina, potencian el color de ciertos pigmentos y reducen el riesgo de desarrollo de microorganismos patógenos, propiedades estudiadas desde la conceptualización química del proceso
- Tecnológicamente, conservar la acidez (mediante adición de ácidos orgánicos) permite lograr una textura adecuada, un color estable y una mayor seguridad microbiológica al producto, sin que el sabor se vuelva excesivamente ácido

Hidrólisis de carbohidratos y formulación de jarabes o bebidas

- Es importante la hidrólisis de la sacarosa en glucosa y fructosa en la producción de jarabes, bebidas azucaradas o productos para panificación,
- La inversión de la sacarosa es un fenómeno que modifica la dulzura relativa, la higroscopicidad y el comportamiento del producto durante el almacenamiento.

- La aplicación de tecnologías adecuadas, controlan el pH y temperatura, o enzimas específicas (invertasa), ajustan la composición de azúcares lo que influye en el dulzor, la cristalización y la textura final del alimento.

Pigmentos naturales y estabilidad del color

- Los derivados de frutas y hortalizas (jugos, purés, salsas), deben presentar estabilidad de los compuestos como antocianinas, carotenoides y clorofilas, lo cual requiere de condiciones óptimas en el procesado
- A través de la química, se conoce que el pH, la presencia de oxígeno, la temperatura y la luz afectan la estructura de estos pigmentos y, por tanto, su color.
- Es así, que, con la selección de condiciones de procesado leves, control del pH y uso de envases que protejan al producto de la luz y el oxígeno, se logra la conservación del color, atractivo y aceptable para el consumidor.

Control químico de la inocuidad: Residuos, aditivos y contaminantes

- El análisis químico de control de calidad, permite verificar el contenido de aditivos, y la presencia de residuos o contaminantes químicos.
- Desde la química analítica, se aplica técnicas instrumentales para cuantificar estas sustancias y compararlas con los límites establecidos en la normativa.

- Los resultados técnicos sirven para corregir las deficiencias de las materias primas, los procesos y los proveedores, garantizando seguridad y cumplimiento legal

1.4.2. Microbiología: Aliada de la inocuidad y la salud

La microbiología es fundamental, para una alimentación segura, el estudio de los microorganismos sean éstos, beneficiosos, alterantes o patógenos es relevante tanto en la prevención de enfermedades transmitidas por alimentos contaminados, así como en la prolongación de la vida útil de productos, o para desarrollar probióticos (microorganismos que ofrecen beneficios para la salud) optimizando procesos como la fermentación láctica en productos como yogur, quesos, kéfir y la mantequilla acidificada

El papel de la microbiología en la inocuidad alimentaria es realmente fundamental, porque aporta herramientas muy valiosas para detectar patógenos, identificar las condiciones que favorecen el crecimiento de microorganismos y desarrollar métodos predictivos que ayuden a asegurar la calidad de los alimentos. Además, su alcance va mucho más allá del control básico, ya que también impulsa procesos innovadores, como el uso de enzimas microbianas para mejorar la textura, el aroma o incluso el valor nutricional de distintos productos, lo que deja ver lo versátil y necesaria que se ha vuelto esta disciplina dentro de la industria (Kumar, et al., 2024).

A esto se suma que los métodos microbiológicos rápidos, como la PCR y la metagenómica, han cambiado de forma importante la manera en que se monitorean y detectan microorganismos, sobre todo aquellos que

evolucionan constantemente, permitiendo una vigilancia mucho más precisa y oportuna. Y es que las técnicas basadas en ADN no solo fortalecen la seguridad alimentaria, sino que también ayudan a combatir el fraude, autenticar productos, detectar adulteraciones y rastrear el origen de los ingredientes, algo que, la verdad, genera más confianza en el consumidor y aporta transparencia a toda la cadena de suministro (Sami a1, 2023).

Finalmente, las innovaciones microbianas aplicadas a la industria alimentaria demuestran que esta es una disciplina viva, dinámica y en permanente evolución. Desde el desarrollo de probióticos hasta la creación de nuevas tecnologías para detectar y controlar riesgos, la microbiología aplicada refuerza el papel de la tecnología de alimentos como una ciencia clave para garantizar productos seguros, nutritivos y sostenibles (Clant, 2024).

A partir de lo expuesto por Kumar, et al., (2024), Sami a1, (2023) y (Clant, 2024), se puede concluir que la microbiología aplicada a los alimentos cumple un papel doble y complementario: por un lado, protege la salud del consumidor mediante la identificación y control de microorganismos patógenos; por otro, impulsa la innovación a través de procesos fermentativos, producción de enzimas y desarrollo de probióticos. Bajo esta perspectiva, se evidencia que la microbiología no es solo una disciplina de apoyo, sino un componente valioso dentro de la tecnología de alimentos, capaz de generar soluciones prácticas que optimizan la seguridad, la calidad y el valor nutricional de los productos.

Sin embargo, muchas de las innovaciones actuales todavía se topan con barreras importantes al momento de llevarse a la práctica, sobre todo en las pequeñas empresas, donde los recursos, el tiempo y la infraestructura no siempre alcanzan. Además, su aceptación por parte del consumidor a veces también es limitada, ya que no todo lo nuevo genera confianza de inmediato, y la verdad es que cambiar hábitos o percepciones suele tomar tiempo.

1.4.3. Ingeniería: Convertir la ciencia en soluciones tangibles

Convertir la ciencia en soluciones tangibles es parte de la ingeniería, pues a través de esta disciplina se aplican métodos y herramientas para la transformación de materias primas en productos seguros, estables y de alta calidad. El diseño de equipos y control de parámetros como la temperatura, presión, humedad, etc., ha posibilitado establecer las operaciones unitarias necesarias para la aplicación de los diferentes métodos de conservación y procesamiento, convirtiéndose así la ingeniería en un puente entre el conocimiento científico de los alimentos y la aplicación práctica en la industria

Aun así, gran parte de estos avances se han dirigido a productos con alto contenido de nutrientes críticos (azúcares, grasas saturadas, sodio), que, aunque técnicamente son seguros, pueden ser perjudiciales para la salud cuando se consumen de manera frecuente. Al respecto la industria de alimentos debe priorizar la optimización de la composición nutricional, promoviendo alimentos procesados que sean innovadores, atractivos y, al mismo tiempo, saludables, equilibrando la tecnología con el bienestar del consumidor.

1.4.4. Biotecnología: Transformar la naturaleza con inteligencia

El progreso alcanzado en la industria alimentaria gracias al desarrollo de la ingeniería aplicada y la biotecnología es impresionante, y muchos de estos avances están orientados a resolver la crisis mundial de una población en constante crecimiento. Diversas industrias han aprovechado la capacidad bioquímica de los microorganismos para sintetizar, metabolizar y transformar sustancias valiosas, ya que uno de los temas más populares aborda la creciente demanda de aromas, colorantes, saborizantes y aditivos alimentarios naturales. Los aromas naturales también se generan mediante la biotransformación enzimática de precursores y la síntesis de Novo por microorganismos. Además, la ingeniería microbiana genera rendimientos impresionantes y satisface las necesidades de los consumidores, ya que se consideran "naturales" (Dan Cristian Vodnar, 2021).

Los ejemplos que se presentan a continuación entre la articulación práctica de la biotecnología y la tecnología de alimentos muestran cómo el uso dirigido de microorganismos y enzimas se integra en la formulación, el procesamiento y la conservación, dando lugar a alimentos con mayor valor agregado, mejor inocuidad y características más acordes con las demandas actuales del consumidor.

Fermentación láctica para conservación y valor agregado en productos lácteos

Para elaborar yogur, primero es necesario seleccionar cultivos iniciadores específicos de bacterias lácticas, como *Streptococcus*

thermophilus y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, ya que de ellos depende gran parte del resultado final.

- A través de la biotecnología, estas bacterias fermentan la lactosa y producen ácido láctico, lo que da al yogur esa textura cremosa, ese aroma suave y ese sabor ligeramente ácido tan característico.
- Además, factores como la temperatura y el tiempo de incubación son fundamentales, y la verdad es que no se pueden dejar al azar, porque de ellos depende alcanzar un pH adecuado que ayude a conservar el producto, lograr una consistencia agradable y mantener una población viable de microorganismos beneficiosos.

Fermentación para mejorar la digestibilidad y la calidad nutricional de cereales y leguminosas

- A base de cereales y leguminosas, el pan preparado con masa madre o productos fermentados utilizan cultivos mixtos de levaduras y bacterias lácticas.
- Desde la biotecnología, estos microorganismos degradan fitatos y otros factores antinutricionales, aumentando la biodisponibilidad de minerales como el hierro y el zinc.
- Técnicamente se aplica un control de las condiciones de fermentación que sirve para obtener productos con mejor digestibilidad, sabor más complejo y mayor tiempo de conservación, manteniendo una estructura de miga y volumen aceptables.

Uso de enzimas para modificar textura y funcionalidad

- Otra aplicación en panificación industrial es el uso de enzimas como amilasas, proteasas que mejoran el manejo de la masa y la calidad del producto final.
- La aplicación de la biotecnología permite la obtención de estas enzimas a partir de microorganismos seleccionados y se utilizan en dosis controladas que actúan sobre almidones, proteínas o fibras.
- Tecnológicamente, la acción enzimática se refleja en un mejor volumen del pan, una miga más suave y una vida útil prolongada, sin necesidad de aumentar aditivos químicos tradicionales.

Producción de quesos mediante cultivos iniciadores y cultivos secundarios

Un buen ejemplo de aplicación biotecnológica es la elaboración de quesos madurados, donde la elección de los cultivos iniciadores, como las bacterias lácticas, y de los cultivos secundarios, como ciertos mohos o bacterias específicas, marca una diferencia enorme. Y es que de esa selección dependen, en gran parte, el sabor, el aroma y hasta la personalidad final del queso.

- Por lo tanto, desde la biotecnología, la textura y características sensoriales típicas de cada tipo de queso depende de la actividad metabólica de estos microorganismos que generan compuestos volátiles, pigmentos y modificaciones en la matriz proteica.

- La composición química de la leche, la coagulación, el salado y las condiciones de maduración (temperatura y humedad) influyen en el desarrollo del producto de forma reproducible y segura.

Aplicación de probióticos en alimentos funcionales

- En el caso de los alimentos funcionales, los probióticos que se incorporan a bebidas fermentadas o productos lácteos son cepas bacterianas específicas que han demostrado efectos beneficiosos sobre la salud intestinal.
- Además, gracias a la biotecnología, se ha comprobado que muchos de estos microorganismos pueden sobrevivir al paso por el tracto gastrointestinal e interactuar de forma positiva con el microbiota.
- Requiere ajustes tecnológicos en la formulación, en el proceso de fermentación e incluso en el tipo de envase, para asegurar que se mantenga una cantidad adecuada de células viables hasta el final de la vida útil, sin alterar el sabor ni la textura del producto.

Bioconservación: Uso de microorganismos y metabolitos para mejorar la inocuidad

Por otro lado, en algunos productos cárnicos y lácteos se emplean cultivos protectores de bacterias lácticas capaces de producir bacteriocinas y otros metabolitos antimicrobianos. Esta estrategia, además de ser innovadora, ayuda a mejorar la inocuidad de los alimentos de una forma más natural, reforzando su conservación y reduciendo el riesgo de crecimiento de microorganismos no deseados.

- La competencia de estos microorganismos con la flora alterante y patógena reduce su crecimiento, mejora la seguridad del alimento, acción biotecnológicamente viable.
- Diversas técnicas permiten integrar estos cultivos en la formulación y regulan las condiciones de pH, temperatura y envasado para potenciar su efecto, permitiendo disminuir la intensidad de algunos tratamientos térmicos o el uso de conservantes químicos.

Producción enzimática de jarabes y endulzantes a partir de almidón

En la industria de los endulzantes se emplean enzimas como las amilasas, las glucoamilasas y las isomerasas de glucosa para transformar el almidón de maíz, y también de otras fuentes, en jarabes de glucosa, jarabes de alta fructosa y otros tipos de azúcares.

- A través de la biotecnología, además, estas enzimas se obtienen a partir de microorganismos que han sido seleccionados o modificados por su alta eficiencia y su buena estabilidad, lo que permite que el proceso sea más preciso y confiable.
- Mediante etapas cuidadosamente controladas, se puede alcanzar el perfil de azúcares que se busca, para luego incorporarlo en la formulación de bebidas, productos de panificación o confitería, sin perder de vista la calidad final del producto.

Fermentaciones tradicionales y rescate de productos autóctonos

En el estudio y mejoramiento de alimentos tradicionales fermentados (por ejemplo, bebidas a base de cereales o raíces, masas fermentadas),

se identifica los microorganismos predominantes mediante técnicas biotecnológicas.

- A partir de estos estudios, se puede seleccionar cepas representativas y desarrollar cultivos iniciadores estandarizados que reproducen las características sensoriales típicas del producto.
- Los aspectos técnicos, permiten escalar el proceso, mejorar la inocuidad y la estabilidad sin perder la identidad cultural y el perfil sensorial.

Resumiendo, la biotecnología representa una de las ciencias con mayor impacto en la evolución de la tecnología de alimentos, ya que permite aprovechar el potencial de los microorganismos, enzimas y procesos moleculares para innovar en productos más seguros, nutritivos y sostenibles. Abre nuevas posibilidades en áreas emergentes como los alimentos funcionales, la mejora genética de materias primas y el desarrollo de sistemas de conservación avanzados.

1.4.5. Nutrición: Ciencia que conecta con la vida

La tecnología de alimentos y la nutrición están estrechamente relacionadas en la formulación de productos que contribuyan a una alimentación saludable. Se pueden encontrar ejemplos de impacto exitoso en alimentos fortificados, o con niveles eficaces de compuestos bioactivos, en la formulación de productos para combatir la obesidad y las enfermedades relacionadas con la dieta, reformulación de alimentos para permitir la nutrición y las declaraciones de propiedades saludables (Meijer, 2025).

En este tema se analizan los fundamentos que conectan la ciencia de la nutrición con la tecnología de alimentos, poniendo en evidencia cómo decisiones aparentemente técnicas, como la formulación, el procesamiento, la conservación o el etiquetado, terminan influyendo de forma muy concreta en la calidad nutricional de los productos que llegan a la mesa del consumidor. Y es que esto va mucho más allá de la teoría: me interesa mostrar cómo estos conceptos cobran vida en la práctica profesional diaria, tanto en el entorno académico como en el trabajo conjunto con la industria alimentaria.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de esa articulación entre nutrición y tecnología de alimentos, contruidos a partir de mi experiencia académica y profesional. La verdad es que estos casos permiten ver, de forma clara y cercana, cómo en situaciones reales de diseño, reformulación o mejora de productos, las decisiones nutricionales y tecnológicas no caminan por separado, sino que se complementan para desarrollar alimentos más seguros, más estables y alineados con las recomendaciones actuales de una alimentación saludable.

Diseño de productos procesados más saludables

- Mediante la reducción de grasa saturada a través del reemplazo parcial de grasa animal por aceites vegetales ricos en ácidos grasos monoinsaturados.
- Aumentar la proporción de proteína magra e incorporar fibra soluble, como la inulina, se hace necesario ajustar cuidadosamente la emulsificación y el tratamiento térmico para conservar la

textura y la jugosidad, logrando así un producto tecnológicamente estable, con un perfil lipídico más favorable y un mayor aporte de fibra dietética.

Procesos tecnológicos y conservación de nutrientes

- Ocurre en el procesamiento de verduras congeladas, donde se aplica un escaldado breve con tiempos y temperaturas controladas antes de la congelación.
- Permite inactivar las enzimas que deterioran el color y el sabor, reduciendo al mismo tiempo la pérdida de vitamina C y de compuestos fenólicos.
- Se obtiene un producto con buena calidad sensorial y con un contenido aceptable de micronutrientes a lo largo de su vida útil.

Reformulación de productos para reducir riesgos de salud

- En la elaboración de embutidos cocidos, disminuir gradualmente el contenido de cloruro de sodio (sal procesada) por sal natural (en grano) o por mezclas de sales minerales.
- Se ajusta tiempos de curado y condiciones de cocción para mantener la seguridad microbiológica y la textura típica del producto.
- Se obtiene en este campo productos con las recomendaciones para producir menos impacto en la salud del consumidor.

Fortificación como estrategia nutricional-tecnológica

- En la producción de harina de trigo de consumo masivo,

incorporar premezclas de hierro y ácido fólico en formas químicas estables.

- Definir el punto de dosificación y el mezclado para asegurar una distribución homogénea y verificar el contenido mediante control de calidad.
- La harina fortificada se convierte en un vehículo eficaz para reducir anemia.

Etiquetado nutricional y desarrollo de productos

- Al diseñar una bebida láctea saborizada, ajustar la formulación de leche, calcio añadido y tamaño de porción para cumplir con los criterios de “fuente de calcio”.
- Verificar que la tabla nutricional y las declaraciones frontales reflejen el aporte de nutrientes.
- De esta manera, la tecnología de alimentos respalda la comunicación nutricional y facilita decisiones informadas del consumidor.

Conservación y mantenimiento del valor nutritivo

- En la elaboración de frutas mínimamente procesadas listas para consumir, es fundamental aplicar un lavado y una desinfección adecuados, realizar cortes higiénicos y utilizar un envasado en atmósfera modificada.
- Este tipo de manejo permite prolongar la vida útil en refrigeración sin necesidad de someter el producto a tratamientos térmicos intensos, lo cual marca una gran diferencia.

- Así se logra conservar mejor la textura, el color y el sabor natural de la fruta, manteniendo casi intactos sus vitaminas, minerales y fibra, algo que sin duda favorece su consumo frecuente.

Alimentos funcionales y nutracéuticos

- En el caso de un yogur probiótico, por ejemplo, es necesario seleccionar cepas específicas de *Lactobacillus* y *Bifidobacterias*, además de ajustar cuidadosamente el proceso de fermentación para asegurar su viabilidad.
- Se suma la incorporación de fibra prebiótica, como la inulina o la fibra de hollejos de naranja, que sirve de alimento para el microbiota beneficioso.
- El resultado, la verdad, es mucho más que un producto lácteo común: es un alimento que, además de aportar proteínas y calcio, contribuye al equilibrio del microbiota intestinal.

Aceptabilidad sensorial y adherencia a recomendaciones nutricionales

- Al formular una galleta integral, se puede reemplazar parte de la harina refinada por harina integral y añadir salvado para incrementar el contenido de fibra.
- Reducir el azúcar, suele ser necesario compensar con edulcorantes y ajustar el horneado para mantener esa textura crujiente que el consumidor espera.
- Se obtiene una galleta con menor carga glucémica y mayor aporte de fibra, pero sin sacrificar su buena aceptación sensorial.

- Cuando un alimento saludable también resulta rico y agradable, es mucho más probable que las personas lo elijan de forma habitual.

1.4.6. Ciencias ambientales: Alimentar protegiendo al planeta

Los tipos y cantidades de alimentos que se consumen son un importante determinante de la salud humana y la sostenibilidad ambiental. La producción agrícola de alimentos emite el 30% de los gases de efecto invernadero mundiales que altera profundamente los ecosistemas y la calidad del agua.

Esta información podría ayudar a los consumidores, las corporaciones alimentarias y los encargados de formular políticas a tomar mejores decisiones sobre las opciones alimentarias, los productos alimenticios y las políticas alimentarias, lo que podría aumentar la probabilidad de alcanzar metas internacionales de sostenibilidad como los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas o el Acuerdo Climático París (Clark, Springmann, Hill, & Tilman, 2019).

Bajo estas observaciones, en un contexto de sostenibilidad, la tecnología de alimentos debe apoyarse en las ciencias ambientales para reducir el impacto ecológico de la cadena alimentaria, por ejemplo, mediante la optimización de recursos, el aprovechamiento de subproductos y el desarrollo de envases biodegradables

1.4.7. Economía y ciencias sociales: El alimento como hecho cultural

La evaluación de la factibilidad económica de los procesos tecnológicos, junto con la comprensión de los comportamientos de consumo, las preferencias alimentarias y la percepción del riesgo por parte del consumidor, constituye un elemento clave para la adopción de innovaciones que sean tanto efectivas como éticamente fundamentadas.

1.4.8. Aplicaciones integradas en la cadena alimentaria

La cadena alimentaria es un sistema complejo que abarca varias etapas desde la producción primaria hasta el consumo final. La Tabla 1.1. describe las aplicaciones interdisciplinarias de la tecnología de alimentos con otras ciencias en cada una de estas etapas.

Tabla 1.1. Ciencias aplicadas a la cadena alimentaria: Un enfoque interdisciplinario

| Etapas | Ciencia relacionada | Aplicación principal |
|--------------------------|------------------------------|--|
| Producción primaria | Biología | Cultivos mejorados genéticamente, uso de biofertilizantes. |
| Procesamiento | Ingeniería y bioquímica | Tecnologías como fermentación, extrusión |
| Conservación e inocuidad | Microbiología/ biotecnología | Cultivos protectores, bacteriocinas (bio conservación) |
| Envasado | Materiales | Envases biodegradables, activos e inteligentes |
| Trazabilidad | Biología | Sensores, sistemas digitales de trazabilidad |
| Consumo/salud | Nutrición | Alimentos funcionales, adaptados al consumidor |

Fuente: Elaboración propia

En este contexto, el futuro de la alimentación depende cada vez más de enfoques innovadores que logren un equilibrio real entre la nutrición, la salud y el cuidado del ambiente.

1.5. Ciencia y tecnología de alimentos a lo largo de la historia

Desde tiempos inmemorables la búsqueda y transformación de alimentos ha sido la clave para sobrevivir, lo que llevó a perfeccionar técnicas de obtención, procesamiento y conservación de alimentos. El origen y evolución de la tecnología de alimentos la ha convertido en una disciplina que, a través del descubrimiento y la aplicación de métodos tradicionales e innovadores, ha sido clave en el progreso de la alimentación. Esto ha llevado al desarrollo no lineal de la ciencia y tecnología de los alimentos a lo largo de la historia (Figura 1.1) y (Tabla 1.2), que resumen los aspectos más importantes de cada etapa de evolución, referidas principalmente por (Akhila, 2022).

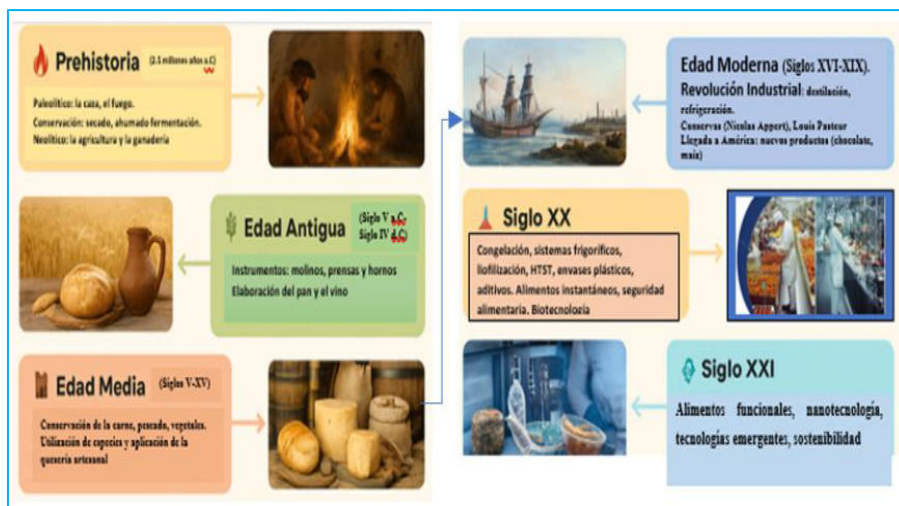


Figura 1.1. Ciencia y tecnología de los alimentos a través de la historia

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.2. Resumen cronológico de la historia de la tecnología de alimentos

| | | |
|---|---|---|
| <p>La Prehistoria (2.5 millones de años a.C-siglo IV a.C).</p> <p>Primeros conocimientos empíricos sobre el manejo de los recursos alimenticios.</p> | <p>Era Paleolítica. Primeros descubrimientos</p> | <ul style="list-style-type: none"> • El hombre primitivo dependía de la caza, la pesca y la recolección para su alimentación. • Descubrimiento del fuego, evento que permitió la introducción de nuevas texturas y aromas en los alimentos cocinados. • Surgieron el secado al sol, el ahumado y la fermentación espontánea • Descubrimiento de productos como el queso, el pan fermentado y bebidas alcohólicas primitivas |
| | <p>Era Neolítica. El gran cambio alimentario</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Aparición de la agricultura y de la ganadería • Introducción de recipientes de cerámica, permitiendo una mejor cocción y conservación de los |

| | | |
|--|---|---|
| | (agricultura y fermentación) | <p>alimentos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En Mesopotamia y Egipto se tiene registros sobre la producción de pan, vino, aceite, vinagre y queso, así como el desarrollo de técnicas de secado, cocción y salazón. • En Roma el desarrollo de molinos giratorios y prensas |
| <p>Edad antigua</p> <p>(Siglo V a.C; Siglo IV d.C). Conservación y tecnología</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Civilizaciones como Mesopotamia, Egipto, Grecia y Roma fueron dando forma, poco a poco, a muchas de las técnicas alimentarias que todavía hoy reconocemos. • Conservar los alimentos y asegurar su disponibilidad. • Transformaron la manera de procesar y preparar los alimentos • Sentaron las bases de costumbres alimentarias que, de una u otra forma. | |
| <p>Edad media</p> <p>(Siglos V-XV): Una etapa de transición</p> | <ul style="list-style-type: none"> • La tecnología de alimentos se caracterizó por la continuidad y adaptación de prácticas antiguas y la incorporación de influencias árabes y orientales. • Técnicas como el salado, ahumado, secado y encurtido siguieron siendo técnicas esenciales para la conservación de carnes, pescados y vegetales. • Utilización de especias y aplicación de la quesería artesanal aportaron nuevos sabores. | |
| <p>Edad moderna</p> <p>(Siglos XVI-XVIII). Renacimiento. Ciencia y conservación</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Redescubrimiento del conocimiento clásico y los avances científicos. • Desarrollo de la destilación, para obtener alcohol, producción industrial de alimentos • La imprenta permitió la creación de libros sobre el procesado de alimentos. • Con el descubrimiento del continente americano, alimentos novedosos llegaron a Europa, destacando el chocolate, el maíz y la yuca. • Se introdujo nuevas técnicas, detoxificación de la yuca y nixtamalizado del maíz. • En el año 1619 se aisló componentes como la lactosa, fructosa y gluten. | |

| | |
|--|---|
| <p style="text-align: center;">Siglos XVII- XIX</p> <p style="text-align: center;">La Revolución Industrial</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Llevó a la industria de procesamiento de alimentos a un nuevo nivel. • La introducción de la electricidad y el acero, las máquinas de vapor, los motores de combustión interna y los molinos de rodillos reemplazaron la manufactura manual • En 1810, Nicholas Appert inventó el enlatado, convirtiéndose en un gran avance en la ciencia de los alimentos • En 1864, Louis Pasteur descubrió que la contaminación microbiana externa causa el deterioro de los alimentos. Pasteur sentó las bases de las técnicas de esterilización contemporáneas junto con Charles Chamberland, quien desarrolló la primera autoclave en 1876. • En la misma época, se desarrollaron el almacenamiento en frío y la refrigeración, que fueron utilizados por primera vez por la industria cervecera. • El primer sistema de refrigeración por compresión práctico y portátil fue creado por Carl Von Linde en 1875 utilizando éter metílico. |
|--|---|

Fuente: Elaboración propia con base en Akhila (2022)

1.6. Procesamiento moderno y biotecnología en el siglo XX

En el campo de la química el fundamento de la reacción de Maillard estableció la relación al pardeamiento producido por la reacción de proteínas y azúcares reductores. La tecnología de envasado se desarrolla constantemente, pasando de métodos convencionales a sistemas automatizados de vanguardia como materiales de embalaje biodegradables. Un desarrollo reciente son los envases comestibles, que ofrecen formas eficientes de envasar alimentos de manera segura y sostenible (Akhila, 2022). Surgieron también los sistemas de liofilización. En los años 70 y 80, comenzó la aplicación de la

biotecnología, con la producción de enzimas, vitaminas y aditivos mediante fermentación microbiana.

1.7. La era moderna: Alimentos funcionales, sostenibilidad y tecnologías emergentes

El procesamiento y el envasado de alimentos se ha desarrollado a un nivel sin precedentes en el sector alimentario. Las tecnologías emergentes, incluyendo la tecnología plasma frío (CP), alta presión hidrostática (HPP), ultrasonido (US) y campo eléctrico pulsado (PEF) que se revisarán más adelante, están principalmente dirigidas a reducir el tiempo de procesamiento, el consumo de energía y mejorar la calidad y la vida útil de los alimentos (Akhila, 2022).

La aparición de microprocesadores, sensores y sistemas informáticos marcó un cambio enorme en la industria alimentaria, porque permitió automatizar muchos procesos dentro de las fábricas y hacerlos más precisos, rápidos y controlados. Además, los avances en biología molecular y el descubrimiento del ADN abrieron un panorama completamente nuevo en este campo. Y es que, a partir de ahí, comenzó a tomar fuerza el concepto de ingeniería genética, trayendo consigo los primeros vegetales transgénicos y una nueva forma de intervenir en la producción de alimentos, con posibilidades que en su momento parecían casi impensables.

En el siglo XXI, la industria está llamada a reducir su huella ambiental mediante estrategias como la economía circular, uso eficiente del agua y la energía, valorización de subproductos y reducción del desperdicio de alimentos. Las tecnologías emergentes, del siglo XXI ha sido una

transformación impulsada por la digitalización, la biotecnología y la nanotecnología.

1.8. Tendencias actuales y futuras en la industria de alimentos

La industria de alimentos está cambiando a gran velocidad, y la verdad es que no lo hace por una sola razón. Avanza empujada por la innovación tecnológica, la preocupación por la sostenibilidad y, además, por consumidores cada vez más atentos a lo que comen y a cómo se produce. Hoy destacan los productos más saludables, los procesos digitalizados y los empaques inteligentes; y, mirando hacia adelante, todo apunta a un escenario con más biotecnología, más automatización y soluciones mucho más responsables con el medio ambiente.

1.8.1. Innovación y desarrollo de nuevos productos

Tecnologías como la extrusión, la liofilización, la irradiación y la alta presión hidrostática han transformado profundamente la industria, porque permiten desarrollar productos innovadores, funcionales y mejor adaptados a las nuevas demandas del mercado. Y es que ya no se trata solo de fabricar alimentos, sino de crear opciones que sean prácticas, atractivas y, al mismo tiempo, beneficiosas para la salud.

1.8.2. Conservación y seguridad alimentaria

La conservación sigue siendo un pilar esencial, sobre todo porque permite prolongar la vida útil de los alimentos sin perder de vista su calidad. Además, la implementación de sistemas de gestión como HACCP resulta clave para asegurar la inocuidad en toda la cadena de producción. La verdad es que hoy la seguridad alimentaria no es

negociable: es una condición básica para proteger al consumidor y generar confianza.

1.1.1. Calidad y valor nutricional

Cuando se habla de calidad alimentaria, no solo importa que un producto sea seguro. También cuentan su sabor, su textura, su color y, por supuesto, su valor nutricional. Por eso han cobrado tanta fuerza estrategias como la fortificación con vitaminas y minerales, la reducción de azúcares y grasas saturadas, y el desarrollo de alimentos funcionales. En el fondo, se busca algo muy concreto: alimentos que no solo gusten, sino que también aporten al bienestar.

1.8.3. Innovación en envases y sostenibilidad

El envasado también ha evolucionado muchísimo. Hoy existen envases inteligentes y activos que ayudan a prolongar la vida útil del producto y, además, pueden ofrecer información en tiempo real sobre su estado. Y es que el envase ya no cumple solo una función de protección; ahora también comunica, conserva y responde a nuevas exigencias. A esto se suma la creciente apuesta por materiales biodegradables y reciclables, una respuesta necesaria frente al problema ambiental que generan los residuos plásticos.

1.8.4. Reducción del desperdicio alimentario y economía circular

Otro cambio importante tiene que ver con la reducción del desperdicio alimentario. En este punto, la economía circular propone una mirada mucho más consciente, donde los residuos dejan de verse como desechos sin valor y pasan a convertirse en oportunidades para generar

nuevos productos o aprovechar mejor los recursos. Además de ser una alternativa más sostenible, este enfoque ayuda a construir modelos de producción más eficientes y responsables.

Finalmente, vale la pena resaltar que la tecnología de alimentos no es solo una disciplina científica. También es una herramienta poderosa para transformar el presente y pensar con más claridad el futuro de la alimentación. Comprender sus fundamentos permite ver cómo la ciencia, cuando se aplica con criterio y sensibilidad, se convierte en innovación, en seguridad y en bienestar para la sociedad.

CAPÍTULO II

SISTEMAS DE ENVASADO Y ETIQUETADO DE ALIMENTOS PROCESADOS: CIENCIA, SEGURIDAD Y FUTURO SOSTENIBLE

PARTE 1. El envasado una herramienta de conservación y seguridad alimentaria

El envasado y etiquetado son herramientas técnicas y componentes estratégicos en la protección del alimento y la comunicación con el consumidor. Su comprensión integral es indispensable para el área de tecnología de alimentos, estos elementos conectan directamente la ciencia con la sociedad, la industria y la salud pública. Sistemáticamente el **envase** preserva al alimento de factores físicos, químicos y microbiológicos, a su vez la **etiqueta** informa su composición, origen y condiciones de uso.

2.1. Envases: Definiciones

El envase forma parte de un sistema complejo para proporcionar calidad e inocuidad del alimento. Técnicamente es una herramienta para la conservación y comunicación en la cadena de suministro del producto. Según *la Comisión del Codex Alimentarius* se define como: “Envase”, cualquier recipiente que contiene alimentos para su entrega al consumidor como un producto único, que los cubre total o parcialmente, y que incluye los embalajes y envolturas. Un envase puede contener varias unidades o tipos de alimentos preenvasados de la misma o diferente naturaleza para ser consumidos conjuntamente (presentación conjunta) o por separado (multiempaque).

“Preenvasado”, todo alimento envuelto, empaquetado o embalado previamente, listo para el consumo o para fines de hostelería (Comisión del Codex Alimentarius, 2024) .

2.2. El envasado y su importancia en la cadena de producción de alimentos

El enfoque de la industria del envaso presenta dos componentes, la oferta y la demanda (Figura 2.1). Es así que el envasado forma parte integral de la industria alimentaria, relacionada con la calidad y la seguridad alimentaria, incluyendo su vida útil y la comunicación desde una perspectiva de marketing. El envasado tradicional protege los alimentos contra daños en su almacenamiento hasta su consumo, presenta información de marca y nutricional, y promueve el marketing. En las últimas décadas, las películas de plástico se han utilizado como barrera para proteger los alimentos de factores ambientales y la contaminación. Con los avances científicos se han incorporado funciones adicionales a las películas de barrera para prolongar la vida útil de los alimentos, como los envases activos e inteligentes. Además, la percepción del consumidor influye en los materiales y diseños de los envases y la tendencia actual sobre envases ecológicos y sostenibles es cada vez mayor (Yan, Hsieh , & Ricacho, 2022).



Figura 2.1. Enfoques de la industria del envasado

Fuente: Elaboración propia

La evolución del envase alimentario ha evidenciado grandes logros, pasando de ser un simple contenedor a convertirse en un componente estratégico dentro de la industria de alimentos. Características importantes como el diseño y material no solo influyen en la conservación y calidad del producto, sino también en su aceptación comercial, cumplimiento normativo y huella ambiental.

2.3. Clasificación de los envases por su estructura jerárquica

Los envases por su estructura se los clasifica en tres tipos: primario, secundario y terciario, de acuerdo con su relación y contacto con el producto (Figura 2.2), (Bócoli, 2025). Las tres capas forman una estructura jerárquica tanto funcional como logística que asegura un sistema de distribución eficiente desde el productor hasta el consumidor.

| | |
|--|--|
|  |  |
| <p align="center">Envase primario</p> <p>Entra en contacto directo con el producto Ejemplo: botellas, latas, bolsas o bandeja</p> | <p align="center">Envase secundario (empaques)</p> <p>Agrupar unidades primarias, facilitando el transporte y la organización en el punto de venta. Ejemplo: cajas, bolsas</p> |
|  |  |
| <p align="center">Envase terciario (embalaje)</p> <p>Destinado al almacenamiento de productos contenidos en envases secundarios Ejemplo: cajas corrugadas, canastillas plásticas.</p> | <p align="center">Packaging promocional</p> <p>Resalta un producto, tiene un diseño atractivo. Se adapta a las tendencias. Ejemplo: diseños personalizados, innovadores, interactivos</p> |

Figura 2.2. Envases en alimentos

Fuente: Elaboración propia con base en Bócoli (2025)

Cada uno cumple una misión específica dentro de la cadena productiva, aportando no solo protección y conservación, sino también eficiencia logística, sostenibilidad e información para el consumidor. En el contexto actual, marcado por la innovación tecnológica y la conciencia ambiental, el envase ya no es un elemento accesorio, sino una herramienta clave para garantizar la calidad, seguridad y competitividad de los alimentos.

2.4. El envase como sistema funcional en la industria alimentaria

Las funciones y los principios tecnológicos del envasado son fundamentales para desarrollar soluciones innovadoras y, al mismo tiempo, responsables. Y es que hoy el envase ya no solo sirve para contener un producto; también protege su calidad, aporta seguridad y responde a necesidades cada vez más exigentes del mercado. Además,

comprender estos principios permite crear alternativas que ayuden a enfrentar retos muy actuales, como la seguridad alimentaria y la reducción de residuos, algo que, la verdad, se ha vuelto imprescindible.

Es así, que el envasado deja de ser un componente accesorio y se posiciona como un elemento fundamental en ingeniería y gestión de alimentos. La Tabla 2.1 describe las funciones del envasado como parte importante después de la producción de alimentos y antes de llegar al consumidor.

Tabla 2.1. Funciones del envasado

| Función | Características |
|--------------------------------|---|
| Conservar | <ul style="list-style-type: none"> • Preserva el producto de cambios químicos y biológicos |
| Proteger | <ul style="list-style-type: none"> • El producto se aísla del entorno (riesgos físicos y mecánicos) • Del medio ambiente: lluvia, gases, vapor de agua, olores. |
| Contener | <ul style="list-style-type: none"> • El producto (sólido, líquido o gaseoso) presenta un volumen determinado. |
| Almacenar y transportar | <ul style="list-style-type: none"> • El producto se manipula fácilmente en su almacenamiento y transporte. |
| Información y marketing | <ul style="list-style-type: none"> • El envase presenta la etiqueta de información y el diseño mejora la imagen del producto. |
| Innovación y tecnología | <ul style="list-style-type: none"> • A través del envase, se presenta productos innovadores, incorporando tecnologías activas, por ejemplo, códigos únicos en las etiquetas, con el fin de rastrear los productos durante todo el proceso de distribución, (trazabilidad). |

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que el envasado cumple funciones técnicas esenciales y representa una herramienta estratégica en la industria alimentaria moderna.




2.5. Panorama general de los materiales utilizados en el envasado de alimentos

Este apartado ofrece un panorama general de los materiales más utilizados en el envasado de alimentos, abordando sus principales propiedades, aplicaciones y limitaciones. El objetivo es proporcionar una base técnica que permita comprender las decisiones de selección de materiales dentro del diseño y desarrollo de envases alimentarios.

2.1.1. Principales materiales convencionales para los envases

Este tipo de envases para alimentos fabricados de materiales convencionales se han diseñado para facilitar el manejo del producto y para protegerlo de factores externos como el polvo, la humedad, el oxígeno, los microorganismos, la luz, etc., garantizando así la conservación de los alimentos durante un período prolongado. Sin embargo, no se excluye la condición que deben cumplir con respecto a la seguridad de ser lo más inertes posibles al ponerse en contacto con los alimentos, es decir, debe haber una interacción mínima entre el alimento y el material de envasado. En la Tabla 2.2 se describe los materiales convencionales para el envasado de alimentos que incluye: papel, cartón, vidrio y metales (aluminio, estaño y acero). Sin embargo, estos materiales cumplen funciones más limitadas que los materiales de envasado de polímeros avanzados (Hemavathi & Siddaramaiah, 2023). Con la necesidad de conservar productos alimenticios durante tiempos prolongados sin utilizar procesos de refrigeración, los envases Tetra Pak han logrado posicionarse a nivel mundial como el material más utilizado para este fin.





Tabla 2.2. Materiales de los envases y sus propiedades

| | | | |
|---|---|--|---|
| <p>Envases de papel y cartón</p> |  |  |  |
| <p>Fabricación del papel y el cartón.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza fibras de celulosa derivadas de la madera • Para el papel en contacto directo con alimentos, se lamina con ceras, resinas o lacas • Los nanocompuestos de poliestireno (PS), TiO₂ y (AgNP), se aplican como recubrimiento sobre un sustrato de papel, muestra propiedades antibacterianas y una mejor barrera. | | | |
| <p>Ventajas</p> | | <p>Desventajas</p> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Presenta bajo peso, bajo costo • Renovable, rigidez relativamente alta y excelente capacidad de impresión. | | <ul style="list-style-type: none"> • No protege alimentos por largo tiempo, • Malas propiedades de barrera e imposibilidad de termosellado | |
| <p>Envases de vidrio</p> | | | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| |  |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> • El vidrio, buen material para mantener por un amplio período de tiempo los productos frescos y sin alterar sus características organolépticas • Ofrece una barrera absoluta contra la humedad, los gases, los productos químicos y otros agentes ambientales. • Buena capacidad para soportar altas temperaturas de procesamiento, lo que le hace útil para la esterilización térmica de alimentos con alta y baja acidez | | | |
| <p style="text-align: center;">Ventajas</p> | | <p style="text-align: center;">Desventajas</p> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Una de las características de este material es su transparencia lo que permite a los consumidores visualizar los productos para su elección • Benefician al medio ambiente porque son reutilizables y reciclables. | | <ul style="list-style-type: none"> • Son frágiles y de peso elevado • No recomendable para productos congelados • Presentan un alto consumo energético en su proceso de fabricación. | |
| <p style="text-align: center;">Envases de metal</p> |  |  |  |

- Son los materiales de embalaje más versátiles.
- Ofrecen una excelente protección física, propiedades de barrera, resistencia al impacto,
- Tienen un potencial decorativo, reciclabilidad y aceptación por parte del consumidor.
- Los metales más utilizados en el envasado de alimentos son el aluminio, el estaño y el acero.

| Ventajas | Desventajas |
|--|---|
| <p>Aluminio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ligero y resistente a la corrosión, • Flexibilidad, excelente maleabilidad, extraordinario potencial para el estampado. • Ideal para el reciclaje, ya que es fácil de recuperar y procesar en nuevos productos <p>Estaño</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ampliamente utilizado, posee excelentes propiedades de barrera al vapor de agua, los gases, la luz y los olores • Las hojas de hojalata pueden tratarse térmicamente y sellarse herméticamente, adecuadas para productos estériles • Presenta buena ductilidad y puede utilizarse para fabricar envases de diferentes formas. • Se fabrica latas de bebidas, alimentos procesados, en polvo, aerosoles, etc. • Su peso bajo y alta resistencia mecánica facilitan su transporte y almacenamiento. | <ul style="list-style-type: none"> • Elevado costo en comparación con otros metales y su imposibilidad de soldarse, • Útil únicamente para la fabricación de envases sin costuras. • Se corroe al entrar en contacto directo con el alimento. • Por eso, se recubre con capas protectoras cuando se utiliza para envasar. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| <p>Envases laminados (Tetra Pak)</p> |  |  |  |
| <p>Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estos envases multicapa contienen seis capas de tres diferentes materiales, cuatro de ellas de polietileno de baja densidad, las cuales representan el 20 %, una capa de cartón (75 %) y una capa de aluminio (5 %) • Los sistemas de llenado (UHT) para envases Tetra Pak forman parte de la tecnología del material. • Este sistema de envasado le da la característica de excelente barrera al vapor de agua, oxígeno y luz. <p>Desventaja</p> <p>Incluyen su impacto ambiental, la dificultad de reciclaje y la degradación</p> | |  | |

Fuente: Elaboración propia con base en Hemavathi & Siddaramaiah (2023)





2.1.2. Tecnología de polímeros aplicada al envasado

Como respuesta a las innovaciones tecnológicas y de acuerdo con rangos particulares de los envases, que cumplan exigencias del consumidor y protección del medio ambiente, se fabrica envases a base de polímeros que brindan beneficios como resistencia y protección a al oxígeno y la humedad. Los polímeros pueden ser biodegradables o no.

2.1.3. Polímeros no biodegradables (plástico)

Los plásticos son polímeros orgánicos formados a partir de reacciones de polimerización, policondensación, o poli adición de monómeros. En la Tabla 2.3 se presentan los polímeros comúnmente utilizados en envases de alimentos (Hemavathi & Siddaramaiah, 2023).

Tabla 2.3. Recipientes de polímeros no biodegradables

| | | | | |
|---|---|---|---|--|
| Plástico |  |  |  |  |
| <p>Polietileno (PE). Presentan ligereza, flexibilidad y buena resistencia a la humedad y a productos químicos. Además, son muy útiles para el reciclaje y la reutilización. Se usan, por ejemplo, en envases para leche, jugos y agua, así como en tapas, bolsas para pan, alimentos congelados y revestimientos de cajas de cereales.</p> | | | | |
| <p>Polipropileno (PP). Su alto punto de fusión (170 °C–190 °C) lo hace adecuado para aplicaciones como envases de llenado en caliente, esterilizables, auto lavables y aptos para microondas. Entre sus usos más comunes se incluyen cierres,</p> | | | | |

tapas, envases de yogur y tarrinas de margarina.

Poliestireno (PS). Las espumas de PS se utilizan para bandejas y recipientes aislantes que mantienen los alimentos fríos o calientes. Sus aplicaciones incluyen embalajes protectores como contenedores de huevos, recipientes, tapas, vasos para bebidas calientes, platos, botellas y bandejas para alimentos.

Poliésteres. (PET). Los principales (botellas, frascos y tarrinas), las láminas semirrígidas para termoformado (bandejas y blísteres) y las películas delgadas (bolsas y envoltorios de snacks).

Láminas de PVC. Se utilizan ampliamente en blísteres, film transparente, como el de productos cárnicos, envasado de aves, embutidos, quesos, aperitivos, té, aceites comestibles, licores, café y dulces, así como en envoltorios para frutas, verduras y carnes rojas frescas.

El policarbonato. Se forma a partir de bisfenol A y es un polímero transparente, rígido, durable y resistente al calor y a los impactos. Por eso se usa en botellas retornables y biberones esterilizables. Sin embargo, no debe lavarse con detergentes agresivos, como hipoclorito de sodio, porque pueden favorecer la liberación de bisfenol A, lo que podría representar un riesgo para la salud.

Fuente: Elaboración propia con base en Hemavathi & Siddaramaiah (2023)

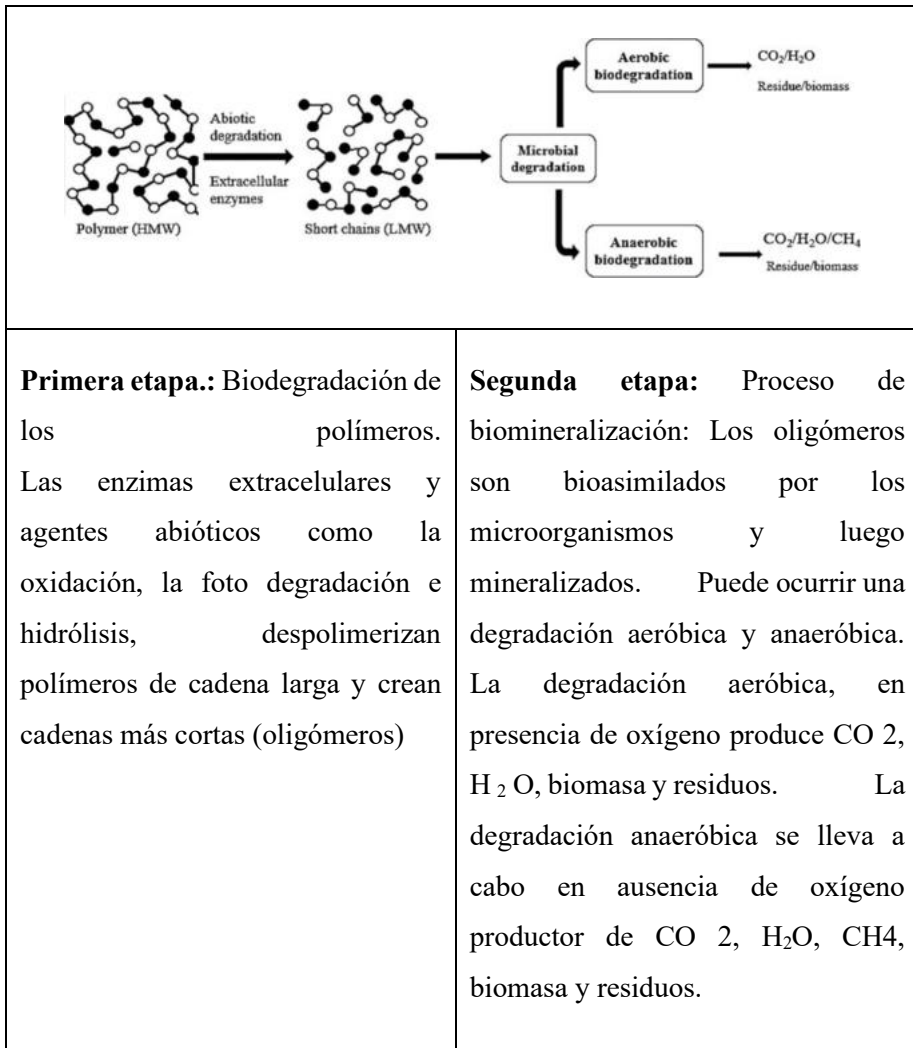
2.1.4. Polímeros biodegradables

La celulosa, el quitosano, el almidón, el agar-agar, la gelatina, la proteína de soja y la proteína de suero son polímeros biodegradables de origen natural que presentan ventajas sobre los polímeros derivados del

petróleo (Yan, Hsieh , & Ricacho, 2022), describen con ejemplos comprensibles y fundamento científico la clasificación de los polímeros biodegradables sostenibles y ampliamente disponibles en dos categorías: polisacáridos y polímeros de tipo proteico. Entre los principales se mencionan los siguientes:

- La celulosa y el quitosano, polisacáridos que se utilizan ampliamente para el envasado de alimentos debido a su buena capacidad para formar películas y geles, su reciclabilidad y sus propiedades antimicrobianas inherentes.
- El almidón puede utilizarse en el envasado de alimentos como adhesivo y aditivo.
- Los polímeros proteicos, como la proteína de soja, poseen una amplia gama de propiedades funcionales en las películas proteicas debido a su potencial de unión intermolecular mediante enlaces covalentes.
- La gelatina tiene alta capacidad filmógena, se utiliza debido a su abundancia.
- La mezcla de ácido poliláctico (PLA) es un poliéster termoplástico sintético, polímero biodegradable ecológico disponible comercialmente que se combina con agentes antimicrobianos para formar películas a base de PLA utilizadas para envasar productos alimenticios secos y perecederos, como frutas, verduras y carne.

Tabla 2.4. Diagrama de biodegradación química de los polímeros



Fuente: Samir et al. (2022)

El uso de polímeros biodegradables tiene beneficios ambientales como la regeneración de materias primas, la biodegradación y la reducción de las emisiones de dióxido de carbono que conducen al calentamiento global (Tabla 2.4). Los plásticos biodegradables tienen el beneficio de

poder manejarse biológicamente al final de su vida (compostaje o digestión anaeróbica). El desarrollo de soluciones alternativas y específicas de gestión de residuos también son un gran desafío para fomentar la integración de los biopolímeros en la economía circular (Samir, Ashour, Abdel Hakim, & Bassyouni, 2022).

2.2. Interacción del envase con los productos

Cuando el alimento es envasado ocurren interacciones entorno-envase-alimento, que pueden afectar la calidad del producto envasado. Según Jaen, (2022) estas interacciones pueden ser de tres tipos: a) Permeación, consiste en el paso de sustancias gaseosas o vapores a través del envase, puede darse desde el entorno hacia el interior del envase o viceversa. b) Sorción, proceso que permite la transferencia de sustancias desde el alimento o entorno al envase donde son retenidas. c) Migración, transferencia de componentes del envase al alimento que lo puede degradar con peligro para la salud (Figura 2.3), (Ecoembes, 2019). Entre las sustancias químicas que podrían migrar a los alimentos se encuentran: monómeros de polímeros, oligómeros, disolventes, plastificantes, colorantes, estabilizadores UV, antioxidantes y tintas de impresión.

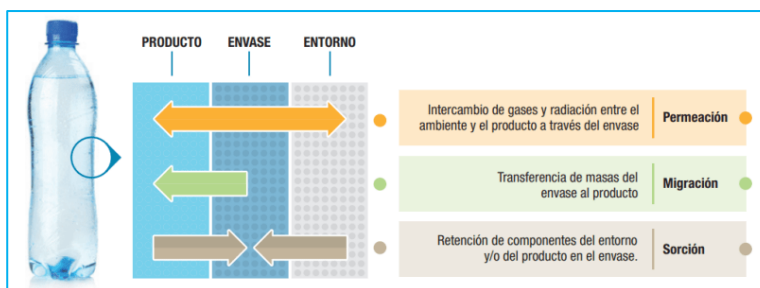


Figura 2.3. Esquema posibles interacciones Producto-Envase-Entorno

Fuente: Editada de Ecoembes, (2019)

2.3. El envasado activo, una estrategia innovadora para conservar los alimentos

La industria de alimentos y bebidas, percibe sistemas innovadores de envasado debido principalmente a la mayor complejidad de los productos, la globalización alimentaria y la necesidad de los consumidores de envases respetuosos con el medio ambiente. Como consecuencia, en el mercado se presentan varias alternativas integrales como el envasado activo y envases inteligentes, cuyas propiedades abarcan conceptos y aplicaciones que demandan de tecnologías cada vez más perfeccionadas en el entorno de la alimentación.

Un sistema de envasado activo es una tecnología avanzada que incorpora componentes activos, como antioxidantes, dentro del material del envase. Y es que estos componentes pueden liberar o absorber sustancias del alimento o del entorno que lo rodea, con el fin de conservar mejor el producto y alargar su vida útil.

Yan, Hsieh, & Ricacho, (2022), exponen de manera clara y fundamentada los principios y aplicaciones del envasado activo, evidenciando un enfoque sólido y pertinencia de análisis, que permite comprender claramente los aspectos más relevantes de los siguientes tipos: agentes antimicrobianos, oxidantes, absorbentes de oxígeno, captadores de dióxido de carbono, captadores de etileno, que se describen a continuación:

2.3.1. Agentes antimicrobianos

Este tipo de envasado integra agentes antimicrobianos en una película de polímero para prevenir el crecimiento de microorganismos patógenos durante la cadena alimentaria, ofreciendo así productos más naturales y seguros. Como agentes antimicrobianos se menciona ácidos orgánicos (p. ej., ácido benzoico), enzimas (p. ej., lisozima), bacteriocinas, fungicidas y absorbentes de oxígeno (p. ej., butilhidroxitolueno), los aceites esenciales extraídos de clavo, romero, orégano, limoncillo, albahaca e hinojo. La ventaja de esta técnica es la liberación controlada, ya sea de liberación prolongada o lenta, de sustancias activas durante el período establecido. El envasado antimicrobiano se aplica a productos alimenticios sin conservantes, con mayor probabilidad de crecimiento de microorganismos patógenos, como el pan, los pasteles, el queso y la carne.

2.3.2. Agentes antioxidantes

Inhiben cambios microbiológicos indeseados y reacciones oxidativas para prolongar la vida útil de los alimentos. Se utilizan agentes antioxidantes naturales en el envasado, lo cual es una nueva tendencia en la industria alimentaria, en respuesta a la creciente demanda de productos naturales por parte de los consumidores. Los extractos vegetales de tallos, raíces, hojas y semillas de frutas se utilizan eficazmente como componentes antioxidantes, ya que contienen polifenoles, flavonoides, alcaloides y terpenos con estas propiedades. Los extractos vegetales añadidos a los materiales de envasado se aplican en forma de películas.

2.3.3. Absorbentes de oxígeno

Se incorporan en envases cerrados para reducir o eliminar el oxígeno, algo clave para frenar la oxidación y dificultar el crecimiento de patógenos aeróbicos. Además, ayudan a conservar mejor la calidad de alimentos ricos en grasas insaturadas, evitando su deterioro, la aparición de sabores desagradables, cambios de color, pérdida de nutrientes e incluso la formación de compuestos tóxicos.

2.3.4. Captadores de dióxido de carbono

El dióxido de carbono tiene el potencial de inhibir el crecimiento microbiano y es altamente soluble en matrices alimentarias en el envasado en atmósfera modificada. El envasado en atmósfera modificada (MAP) es una técnica de envasado que implica el control o la modificación, ya sea activa o pasiva, de la composición de los gases del entorno de almacenamiento de alimentos para reducir la oxidación de los alimentos y el crecimiento de organismos aeróbicos causantes de la descomposición. La disponibilidad comercial del envasado activo aún es limitada debido a su bajo rendimiento a escala industrial y a la baja estabilidad de los agentes activos.

2.3.5. Captadores de etileno

La utilización de los captadores de etileno es básicamente para almacenar frutas y verduras, debido a que este gas produce cambios de color y sabor desagradables que reducen vida útil de los alimentos durante la postcosecha y otros procesos.

2.4. Envases inteligentes: Sistemas avanzados para la conservación y monitoreo de alimentos

Se define a los envases inteligentes, como aquellos en los que se ha incorporado un sistema de sensores o indicadores para identificar el estado de conservación de un producto. En la actualidad, se están desarrollando materiales para envases inteligentes o Smart, los cuales sirven para monitorear continuamente las propiedades de los alimentos envasados y proporcionar información en tiempo real sobre su madurez, calidad y seguridad (Cheng , et al., 2022). El avance en áreas de conocimiento como la biotecnología o la nanotecnología ha permitido alcanzar un desarrollo significativo en los diferentes tipos de sistemas de envasado sobre todo en los envases inteligentes.

2.4.1. Tecnologías emergentes (envases inteligentes) en la industria alimentaria

La tendencia hacia la sostenibilidad, mejorar la seguridad de productos y estándares de alta calidad son importantes en todas las esferas de las ciencias de la vida. En general, existen tres tecnologías principales para sistemas de envasado inteligente, éstos son: portadores de datos, indicadores y sensores (Tabla 2.5) (Ghaani, 2016).

Tabla 2.5. Tecnologías de los sistemas de envases inteligentes

| DISPOSITIVO | TIPO | DESCRIPCIÓN |
|--|-------------------------------|---|
| Portadores de datos | | |
| Ayudan en la eficiencia del flujo de información dentro de la cadena de suministro. Su función | Etiquetas de código de barras | Económicos, de fácil uso, facilitan el control de inventario, tienen diferentes |

| | | |
|--|--|--|
| <p>es garantizar la trazabilidad, la automatización, protección contra robos o falsificación del producto, registrando y transmitiendo información sobre el almacenamiento, la distribución y otros parámetros, se colocan en envases terciarios.</p> | <p>Etiquetas RFID (Identidad de Frecuencia de Radio).</p> | <p>capacidades de almacenamiento</p> <p>Transportan datos avanzados con un almacenamiento de hasta 1 MB en tiempo real, a un sistema de información de usuario. Proporcionan información en la cadena de suministro de alimentos, que incluyen trazabilidad, gestión del inventario y promoción de la calidad y la seguridad.</p> |
| Indicadores | | |
| <p>Determinan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La presencia o ausencia de una sustancia, • El alcance de una reacción entre las diferentes sustancias o la concentración de una sustancia determinada. <p>Esta información se visualiza con cambios directos.</p> <p>Por ejemplo:</p> <p>Diferentes intensidades de color Dependiendo del indicador se colocan dentro o fuera del paquete</p> | <p>Indicadores de temperatura en el tiempo (TTIs)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Factor importante para determinar la vida útil del producto. • Las desviaciones de temperatura pueden ocasionar el crecimiento o la supervivencia de microorganismos, causando deterioro del producto. • Una congelación incorrecta puede desnaturalizar las proteínas. • Si la cadena de frío se mantiene durante la cadena de suministro, se pueden utilizar indicadores de temperatura en tiempo |
| | <p>Indicadores de la frescura</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Detectan la falta de frescura dentro del envase, durante el almacenamiento y el transporte, presentando información de la presencia y crecimiento microbiológico, o los cambios químicos del producto. • Por ejemplo: metabolitos como, glucosa, ácidos orgánicos, etanol, |

| | | |
|--|--------------------|--|
| | | compuestos de nitrógeno volátiles, aminas biogénicas, dióxido de carbono, productos de degradación ATP y compuestos sulfúricos |
| | Indicadores de gas | Un sensor detecta cambios en la atmósfera dentro del envase, para evaluar la calidad del alimento. Las modificaciones se basan en: <ul style="list-style-type: none"> • Reacciones enzimáticas o químicas del alimento, • La naturaleza del paquete y • Las condiciones ambientales: generación de gas por microorganismos; transmisión de gas a través del envase. |
| Sensores | | |
| Dispositivo para detectar, localizar o cuantificar energía o materia Da una señal para la detección o medición de una propiedad física o química a la que responde el dispositivo | Sensores de gases | <ul style="list-style-type: none"> • Monitorea la concentración de gases como oxígeno, etileno, CO₂, etc., • Proporciona información en tiempo real sobre el estado del producto y su calidad |
| | Biosensores | Tienen un receptor hecho de materiales biológicos como enzimas, antígenos, hormonas o ácidos nucleicos |



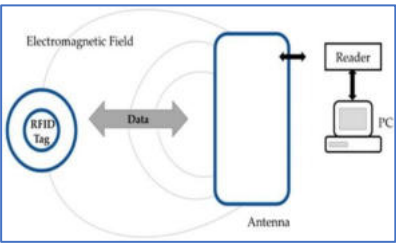

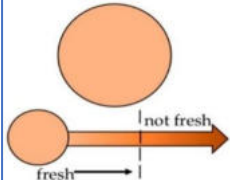
Fuente: Elaboración propia con base en Ghaani (2016)

2.4.2. Dispositivos en envases inteligentes, innovación al servicio de la calidad alimentaria

En los envases inteligentes, los dispositivos son sistemas de sensores o indicadores para notificar el estado exacto del alimento, ofreciendo

información adicional sobre las propiedades del alimento o el estado de conservación del producto (Tabla 2.6).

Tabla 2.6. Descripción de dispositivos de envases inteligentes

| Código de barras unidimensional | Código de barra Bidimensional (QR) |
|--|---|
|  <p>Patrón de espacios y barras paralelas. La diferente disposición de las barras y lagunas resulta en la codificación de los datos. Un escáner de código de barras y un sistema asociado pueden traducir la información codificada</p> |  <p>Ofrecen más capacidad de memoria (por ejemplo, para fecha de empaquetado, número de lote, peso de empaque, información nutricional o instrucciones de preparación) debido a la combinación de puntos y espacios dispuestos en una matriz o una matriz</p> |
| Sistema RFID | |
|  | <p>Consta de tres compuestos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una etiqueta formada por un microchip conectado a una pequeña antena, • Un lector que emite señales de radio y recibe respuestas de la etiqueta, y • Un middleware que enlaza el hardware y las aplicaciones empresariales RFID |
| Identificador de Temperatura TTI Fresh-Check | Indicador de frescura (etiqueta de sensor FQSI) |
|  |  |

| | |
|---|--|
| <p>Su función se basa en una reacción de polimerización con un cambio de color en el rango de identificación. Un centro claro indica una TTI fresca. Si el color del centro activo coincide con el anillo exterior, el producto debe consumirse pronto. Las TTI de productos no frescos tienen un centro oscuro</p> | <p>Capaz de detectar aminas biogénicas. El ticket de pegatina Sensor QTM se aplica en el interior del envase e indica que se ha alcanzado un nivel crítico de crecimiento bacteriano por un cambio de color (naranja a marrón)</p> |
|---|--|

Fuente: Elaboración propia con base en Ghaani, (2016); (Müller & Schmid, (2019)

De acuerdo con lo expuesto sobre el envasado en la industria de alimentos, se concluye que el rol fundamental que cumple el envase va más allá de contener los alimentos, pues es un elemento activo en la conservación, protección y presentación de los productos.

2.5. Tendencias futuras y desafíos del envasado en alimentos procesados

El envasado de alimentos está atravesando una transformación profunda, y la verdad es que no es casualidad. Hoy este cambio viene impulsado por la necesidad de ser más sostenibles, por la incorporación de tecnologías inteligentes y, además, por consumidores cada vez más exigentes y conscientes de lo que compran. Entre las tendencias más claras destacan el uso de materiales biodegradables y compostables, el desarrollo de envases inteligentes capaces de monitorear la calidad del producto, la aplicación de herramientas como la inteligencia artificial y blockchain, y el avance de modelos basados en la economía circular. Y es que, al final, el envase ya no solo protege el alimento: también comunica, cuida y responde a los nuevos retos del mercado y del ambiente.

Sin embargo, este avance trae consigo importantes desafíos, como el cumplimiento de regulaciones ambientales más estrictas, los altos costos de implementación de nuevas tecnologías, la necesidad de educar al consumidor sobre los beneficios de los nuevos materiales, y la carencia de infraestructuras de reciclaje adecuadas en muchos contextos. El futuro del envasado en alimentos procesados dependerá de la capacidad de la industria para equilibrar innovación tecnológica, responsabilidad ambiental y aceptación social

2.6. Legislación y normativa técnica aplicable a los envases en alimentos

La legislación y la normativa técnica que regulan los envases tienen como objetivo principal garantizar la seguridad alimentaria, la protección del consumidor y la sostenibilidad ambiental. A continuación, se mencionan las más importantes:

- Legislación del Mercosur, para América latina
- La Normalización aplicable a empaque y embalaje: Guías o herramientas que se constituyen en un modelo de referencia estructurado como un conjunto de requisitos. Se clasifican en:

Normas Nacionales. Reguladas por los organismos de cada país. En el Ecuador, el marco normativo para el envasado de alimentos está enfocado en garantizar la inocuidad alimentaria, la información clara al consumidor, y el cumplimiento ambiental en concordancia con las políticas regionales e internacionales. El ente rector es la *Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria* (ARCSA,

2015), que regula los materiales en contacto con alimentos, el etiquetado y las condiciones higiénico-sanitarias del envasado.

Normas Regionales. Elaboradas en marco de un organismo de normalización regional

Normas Internacionales. Son dictaminadas por entidades que agrupan los organismos de normalización de diferentes países. Los dos mayores organismos internacionales de normalización son el *International Organization for Standardisation (ISO)* y la *International Electrotechnical Commission (IEC/CE)*.

Finalmente, se puede concluir que el envasado es una pieza clave dentro de la tecnología de alimentos, porque no solo ayuda a conservar los productos, sino que también protege su seguridad. Sin embargo, hoy enfrenta un reto enorme: evolucionar hacia alternativas más sostenibles y accesibles para todos. Además, su futuro dependerá de cómo se logren integrar materiales innovadores, tecnologías inteligentes y marcos regulatorios coherentes, capaces de equilibrar algo que no siempre es sencillo: la inocuidad, la funcionalidad y el cuidado del ambiente.

PARTE 2: El etiquetado como parte integral del sistema alimentario

2.7. Introducción

El etiquetado de los alimentos procesados y ultra procesados, es una herramienta clave para garantizar la transparencia, seguridad

alimentaria y el derecho a la información del consumidor. Las etiquetas no solo permiten identificar el producto, sino que también aportan datos nutricionales, advertencias sanitarias y condiciones de conservación que influyen directamente en las decisiones de compra. Además, el etiquetado es un medio importante para incentivar al consumo de productos más saludables ayudando así a la prevención de enfermedades crónicas relacionadas con la alimentación.

2.8. El etiquetado: Definición

Según la (FAO, 2025), la definición internacionalmente aceptada de etiqueta alimentaria es *“cualquier marbete, rótulo, marca, imagen u otra materia descriptiva o gráfica, que se haya escrito, impreso, estarcido, marcado, marcado en relieve o huecograbado o adherido al envase de un alimento o a un producto alimentario, destinada a informar al consumidor sobre las características del alimento”*; y el etiquetado, es *“la información presentada en los productos alimentarios y resulta uno de los medios más importantes y directos para transmitir y comunicar al consumidor sobre los ingredientes, la calidad o el valor nutricional”*.

2.9. Funciones generales del etiquetado

Es importante entender el etiquetado alimentario como una herramienta clave dentro del envasado, porque su función va mucho más allá de solo identificar un producto. La verdad es que, a través de la etiqueta, el consumidor puede acceder a información esencial sobre la composición del alimento, su origen, la forma adecuada de conservarlo y su valor nutricional, lo que le permite tomar decisiones más seguras e

informadas. Además, el etiquetado debe cumplir con exigencias legales, facilitar la trazabilidad a lo largo de la cadena productiva y aportar valor en la comercialización. Y es que, al final, también cumple un papel educativo, ya que orienta al consumidor y puede promover hábitos de alimentación más saludables. Algunas funciones principales son:

Función informativa. Se incluye en forma general, como elementos clave en la comunicación de la etiqueta.

Función legal y regulatoria. Para el control en los productos procesados y ultra procesados en relación con las cantidades excesivas de azúcares, grasas y sodio,

Función comercial y de marketing. La elección de productos se debe principalmente a los mensajes y símbolos impresos y fácilmente visibles para el consumidor.

Función educativa: El etiquetado frontal utilizado como herramienta fácil y práctica de información, respecto a productos que perjudiquen la salud al contener nutrientes críticos

2.10. Innovaciones y futuro del etiquetado nutricional

Ramírez-Navas & et al., (2024), presentan una clasificación (Figura 2.4), haciendo énfasis sobre las tendencias emergentes en el etiquetado nutricional que busca aplicar la ingeniería e inteligencia artificial para incrementar la utilización de las etiquetas nutricionales y así mejorar la elección alimentaria. Además, puntualizan que para la aplicación de esta tecnología es importante considerar algunos aspectos de importancia que se relacionan con el nivel socio económico y cultural del consumidor.



Figura 2.4. Innovación en etiquetado nutricional

Fuente: Ramirez-Navaz y et al (2024)

Según lo plantean los autores, la integración de tecnologías avanzadas, como la realidad aumentada y los códigos QR, puede enriquecer mucho la experiencia del consumidor, ya que permite acceder a información más detallada, personalizada y fácil de entender. Además, este tipo de herramientas puede ayudar a tomar decisiones alimentarias más saludables y a comprender mejor aspectos clave de la nutrición. Sin embargo, la verdad es que para que esta metodología sea realmente útil, es indispensable aplicar un control riguroso que garantice la integridad y la confiabilidad de la información que se ofrece (Ramírez-Navas & et al., 2024).

2.11. Etiquetado nutricional, una guía informativa para la salud

El etiquetado nutricional debe cumplir con normas y directrices que son establecidas por la Comisión del Codex Alimentarios, organismo creado

por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) siendo la finalidad proteger la salud de los consumidores.

2.11.1. Descripciones generales

Los componentes de una etiqueta alimentaria tienen un propósito muy claro: proteger al consumidor frente al fraude y, al mismo tiempo, cuidar su salud. Además, el Codex recomienda que en las etiquetas de los alimentos envasados aparezca de forma obligatoria información esencial sobre su naturaleza y sus características reales. Y es que esto no es un simple requisito formal; la verdad es que contar con datos claros y verificables permite que las personas compren con más confianza y tomen decisiones mejor fundamentadas. A la vez, cuando la legislación exige este tipo de información, también le da respaldo a las autoridades para actuar frente a prácticas fraudulentas en el etiquetado. Los componentes que se analizan a continuación indican la información mínima que debe ser obligatoria en la etiqueta de un envase de alimentos (FAO, 2016).

Nombre o denominación del producto. Deberá contener la verdadera naturaleza del producto sin ser genérico (NORMA INEN 1334-1, 2016).

Lista de ingredientes. Deberá ir encabezada o precedida por un título apropiado que consista en el término “ingrediente”. Debe enumerarse todos los ingredientes por orden decreciente de peso inicial. Por ejemplo, «azúcar» puede utilizarse para describir todos los tipos de

sacarosa o «proteína de la leche» para describir productos lácteos que contienen al menos un 50 % de proteína (FAO, 2016).

Declaración cuantitativa de ingredientes. La cantidad declarada en porcentaje y debe aparecer junto al nombre del alimento, o en la lista de ingredientes. Ejemplo. Ingredientes: Huevo pasteurizado, leche entera, harina de trigo, queso (13%), cebolla (12%), aceite vegetal y aceite vegetal hidrogenado, almidón de maíz modificado, sal, dextrosa (FAO, 2016).

Aditivos alimentarios. Deberán emplearse los nombres genéricos junto con el nombre específico o el número de identificación aceptado según lo exija la legislación nacional (FAO, 2016).

Ingredientes alérgenos. Aunque se han identificado más de 200 alérgenos, los organismos reguladores de todo el mundo generalmente coinciden en los alimentos comunes que deben incluirse en las listas de alergias (FAO, 2016).

Alimentos modificados genéticamente o transgénicos. La Norma ecuatoriana (NORMA INEN 1334-1, 2016) indica que, si los productos de consumo humano fueron mejorados mediante manipulación genética, se indicará en la etiqueta, con la leyenda: “alimento modificado genéticamente”.

Contenido neto del producto. Se declara con el sistema internacional de medidas, es decir, los líquidos expresados en volumen, los sólidos en

masa, y para ingredientes viscosos o semisólidos puede ser en masa o volumen (NORMA INEN 1334-1, 2016).

Identificación de lote. Según la Norma 1334-1 ecuatoriana, el envase debe llevar un código que precede a la letra L o a la palabra Lote, la cual permita la trazabilidad del lote.

Marcado de la fecha, instrucciones de conservación y uso. Según la Norma 1334-1 ecuatoriana, se debe declarar la fecha máxima de consumo del producto alimenticio y detallar lo siguiente:

- Mes y día para productos que no superen los 3 meses de fecha máxima.
- Año y mes para productos que superen los 3 meses en la fecha máxima.
- Las fechas deberán estar visiblemente legibles mediante las expresiones, “vence.”, “fecha de expiración.”, “expira o Exp.”, las cuales deben siempre ir acompañadas con la fecha en números de su vencimiento; la fecha no se requiere para los siguientes productos tales como: frutas y vegetales frescos, vinos, licores envasados en vidrio, bebidas alcohólicas que contengan 10% o más de alcohol, productos de panadería y pastelería, vinagres y sal de consumo humano.
- Se deberá hacer uso de las siguientes palabras o abreviaciones: “Consumir preferentemente antes del...”, “Fecha de vencimiento”, “F.V.” cuando se indica el día. Estas frases deberán

ir acompañadas de la fecha como tal y la referencia al lugar donde aparece la fecha.

- Además, indicar el modo de empleo que incluye la reconstitución si lo amerita y especificaciones puntuales obligatorias para conservar el alimento.

2.11.2. Declaración de propiedades nutricionales (claims nutricionales) y de salud

La creciente conciencia sobre la fuerte relación entre la dieta y la salud humana ha cambiado considerablemente las preferencias alimentarias en las sociedades desarrolladas, que llevan a los consumidores a elegir un producto alimenticio concreto sobre otro con el fin de obtener algún estado final de salud deseable. Por ejemplo, los mensajes o “afirmaciones” que se muestran en el etiquetado de productos alimenticios funcionales son muy importantes, ya que ayudan a los consumidores a identificar los beneficios específicos para la salud proporcionados por el consumo de estos productos, así como a alentar a los consumidores a tomar decisiones alimentarias adecuadas. Al respecto, (Dominguez, 2020), menciona la siguiente clasificación:


Afirmaciones de contenido de nutrientes, son aquellas que expresan o implican el nivel de un nutriente en un producto alimenticio. Las afirmaciones expresadas informan directamente sobre el nivel o el rango del nutriente, por ejemplo, “bajo sodio” y “contiene 100 calorías”. Las afirmaciones implícitas pueden ser aquellas que sugieren (1) la ausencia del nutriente o su presencia en una cierta cantidad utilizando términos como “libre”, “reducido / menos” y “alto” (por ejemplo, “alto en salvado







de avena”) o (2) la función útil que el producto alimenticio puede tener para mantener las prácticas dietéticas de salud debido a su contenido de nutrientes (por ejemplo, “salud, contiene 3 g (g) de grasa”).








Declaraciones de propiedades saludables, son aquellas que expresan una relación entre un componente alimenticio o un ingrediente de suplemento alimenticio y una enfermedad o condición relacionada con la salud. En cuanto a los tipos de declaraciones de propiedades saludables, hay dos grupos: “afirmaciones de salud autorizadas” y “declaraciones de salud calificadas”, deben estar fundamentadas en datos científicos.

En el contexto europeo, las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables se consideran mensajes voluntarios que el operador alimentario incorpora al etiquetado para resaltar características concretas del producto, siempre que se ajusten a criterios regulados y verificables. En la Tabla 2.7, se describe la Declaración de propiedades saludables según la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN, 2021).

Tabla 2.7. Descripción de las declaraciones autorizadas

| NUTRIENTE | DESCRIPCIÓN |
|---|--|
|  <p data-bbox="297 1487 494 1515">"Valor energético"</p> | <p data-bbox="581 1359 1141 1624">El valor energético de un alimento viene dado por la energía que aporta cuando se “quema” o metaboliza en el organismo. Depende del tipo y cantidad de macronutrientes que contenga. En la etiqueta se expresa en kilocalorías (Kcal) o “calorías”, ambas expresiones son equivalentes, y en kilojulios (Kj), de manera que 1 Kcal equivale a 4,2 Kj.</p> |

| | |
|---|--|
|  <p>"Grasas"</p> | <p>Las grasas o lípidos son uno de los macronutrientes esenciales en la alimentación, y se llaman así porque el cuerpo las necesita en cantidades relativamente altas, es decir, en gramos. Además, representan una fuente de energía muy importante, más del doble que los carbohidratos o las proteínas.</p> |
|  <p>"Grasas saturadas"</p> | <p>Las grasas saturadas contienen una alta proporción de ácidos grasos saturados, que se caracterizan por no tener dobles enlaces en su molécula; suelen encontrarse en alimentos de origen animal y también en algunos aceites vegetales, como el de palma o el de coco.</p> |
|  <p>"Grasas insaturadas"</p> | <p>Las grasas insaturadas presentan una mayor proporción de ácidos grasos con uno o más dobles enlaces, y ahí se dividen en monoinsaturadas, cuando predomina un solo doble enlace, como en el aceite de oliva, y poliinsaturadas, cuando predominan dos o más, como ocurre con el aceite de girasol o el de maíz.</p> |
|  <p>"Ácidos grasos Omega 3"</p> | <p>Los ácidos grasos omega-3 son un tipo de ácidos grasos poliinsaturados. Uno de los más importantes es el ácido alfa-linolénico (ALA), ácido graso esencial que debe ser ingerido con la dieta, pues cumple funciones biológicas fundamentales y el organismo no es capaz de sintetizarlo</p> |
|  <p>"Azúcares"</p> | <p>Los azúcares o hidratos de carbono son otro de los principios inmediatos o macronutrientes que utiliza nuestro organismo a partir de los alimentos, también en una proporción elevada. Hay azúcares sencillos y azúcares complejos. Ambos son una fuente importante de energía, pues cada gramo aporta 4 kilocalorías.</p> |
|  <p>"Sal / Sodio"</p> | <p>La sal es una sustancia formada por cloro y sodio, dos minerales que desempeñan funciones necesarias para el correcto funcionamiento del organismo, pero que en exceso puede ser perjudicial para la salud. La sal es la principal fuente de sodio en nuestra dieta, pero también existen otras sustancias en los alimentos que contienen sodio, como algunos aditivos</p> |

| | |
|--|---|
|  <p>"Fibra"</p> | <p>La fibra alimentaria o fibra dietética engloba una gran variedad de sustancias de origen vegetal que no se digieren ni absorben en el intestino delgado y que pasan intactas al intestino grueso, donde son parcial o totalmente fermentadas por la microflora del colon</p> |
|  <p>"Fuente de proteínas"</p> | <p>Las proteínas son otro de los principios inmediatos o macronutrientes que utiliza nuestro organismo a partir de los alimentos, junto con las grasas y los hidratos de carbono. Son necesarias para el crecimiento y mantenimiento de los tejidos corporales y aportan 4 Kilocalorías por gramo.</p> |
|  <p>"Fuente de vitaminas y minerales"</p> | <p>A las vitaminas y minerales se les llama oligoelementos o micronutrientes pues el organismo los necesita en pequeñas cantidades, del orden de microgramos o nanogramos. Son esenciales por su función reguladora del metabolismo y por su función estructural en el caso de algunos minerales.</p> |
|  <p>"Contiene..." o "Mayor contenido de ..." <small>(nutriente o sustancia)</small></p> | <p>Se puede resaltar el contenido en una sustancia o nutriente si se ha demostrado que posee un efecto nutricional o fisiológico beneficioso. También se puede declarar el incremento del contenido en algún nutriente o sustancia</p> |
|  <p>"Contenido reducido de..." <small>(grasas saturadas, azúcares, sal)</small> "Light", "Lite" o "Ligero" <small>(nutriente o sustancia)</small></p> | <p>Se puede declarar la reducción del contenido en ciertos nutrientes que se toman en exceso (grasa saturada, azúcares y sal)</p> |
|  <p>"Contenido reducido de..." <small>(grasas saturadas, azúcares, sal)</small> "Light", "Lite" o "Ligero" <small>(nutriente o sustancia)</small></p> | <p>Se puede declarar la reducción del contenido en ciertos nutrientes que se toman en exceso (grasa saturada, azúcares y sal) si se cumplen las condiciones del Reglamento 1924/2006 sobre declaraciones nutricionales y propiedades saludables en los alimentos.</p> |
|  <p>"Naturalmente / Natural"</p> | <p>Si el producto reúne de forma natural las condiciones establecidas para hacer una determinada declaración nutricional, puede utilizarse la declaración nutricional</p> |

| | |
|--|---|
| | correspondiente anteponiendo la palabra “natural o naturalmente”. |
|--|---|

Fuente: AESAN (2021)

2.11.3. Etiquetado frontal de alimentos (EFA)

El etiquetado frontal de alimentos (EFA) ha sido definido por el Codex Alimentarius como *“una forma de información nutricional complementaria que presenta información nutricional simplificada en la parte frontal del envase de alimentos pre-ensados. Puede incluir símbolos y gráficos, textos o una combinación de estos, que proporcionen información sobre el valor nutricional global de los alimentos y/o sobre los nutrientes que se incluirán en la etiqueta frontal”* (Commission., 2021).

Algunos países de Latinoamérica como México, Chile, Perú, Uruguay han implementado un Sistema de Etiquetado Frontal de Alimentos y Bebidas (SEFAB) que es un método de información y de advertencia sobre los nutrientes críticos (azúcares, grasas saturadas, sodio) con el fin de brindar una información útil sobre las características de los productos industrializados y facilitar la toma de decisiones saludables. Este etiquetado puede ser obligatorio o no dependiendo de la legislación de cada país en donde se lo aplica.

Uno de los puntos más importantes en el diseño de cualquier EFA es, sin duda, su sistema de perfil de nutrientes, conocido como SPN. Y es que este sistema funciona como una especie de filtro que permite valorar la calidad nutricional de los alimentos a partir de su composición. Según

el CODEX, se entiende como el conjunto de métodos utilizados para evaluar y clasificar los alimentos de acuerdo con sus nutrientes (FAO & OMS, 2019). Además, algo interesante de esta definición es que no se limita únicamente a los nutrientes críticos por exceso, sino que deja abierta una mirada más amplia sobre la calidad nutricional del producto.

Por lo tanto, el EFA es la conexión entre la composición nutricional de los alimentos y los consumidores, mientras que los SPN son los modelos de advertencia para clasificar los alimentos y recomendaciones de consumo

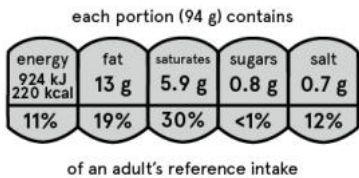
En síntesis, según la FAO & OMS, (2019) los modelos de EFA pueden clasificarse en:

- Modelos de “advertencia”: a través de su formato gráfico advierten cuando un alimento tiene un contenido alto de algún nutriente que se considera crítico.
- Modelos “informativos”: se limitan a resumir la información nutricional relevante, sin clasificar a los alimentos en términos de su composición nutricional.
- Modelos “sintéticos”: a través de su formato gráfico comunican una condición nutricional general o global del alimento (no únicamente referida a nutrientes críticos por su exceso sino también por su esencialidad).

La mayoría de los EFA de advertencia se basan en umbrales de contenido de nutrientes críticos, mientras que los sintéticos utilizan

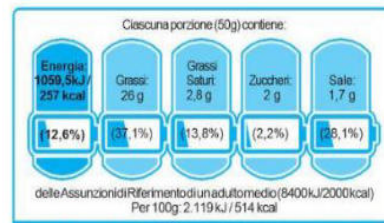
fórmulas o algoritmos que resumen la composición de nutrientes críticos por su riesgo de exceso. Una limitación importante que la Comisión Europea pretende superar con el sistema normalizado de etiquetado frontal de los envases es la diversidad de criterios para calificar los alimentos como más o menos saludables, según los diferentes sistemas. La mayoría de los sistemas de etiquetado frontal de los envases están basados en métodos de creación de perfiles de nutrientes que clasifican los alimentos según su composición energética y nutricional. Sin embargo, existen discrepancias entre los diferentes modelos referente a los nutrientes específicos considerados y los criterios utilizados para establecer las puntuaciones. La Tabla 2.8, presenta un análisis según referencias de (NORMA INEN 1334-1, 2016), (Zugasti Murillo, 2025), para una clara comprensión de los modelos, existentes.

Tabla 2.8. Sistemas de Etiquetado frontal de Alimentos (EFA)

| Para nutrientes específicos | |
|---|--|
| Numérico | |
| <p>Etiquetas de ingesta de referencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Creada por Food Drink Europe. • Detalla cuánta energía y cuántos nutrientes (grasas, ácidos grasos saturados, azúcares y sal) contiene una porción de alimento, y qué porcentaje representa en la ingesta diaria de referencia. • El sistema se utiliza en toda la UE, y los minoristas de algunos países (por ejemplo, Portugal y España) han diseñado sus propias versiones con códigos de colores. |  <p style="text-align: center;">Etiqueta de ingesta de referencia</p> |

Nutrinform Battery. (pilas de información nutricional)

- Sistema propuesto por Italia
- Se basa en una pila, como símbolo, que indica al consumidor cómo el producto contribuye a sus necesidades diarias nutricionales y cuál es su perfil en cuanto a calorías, grasas, azúcares y sal, por porción individual, en comparación con la cantidad recomendada por la Unión Europea.

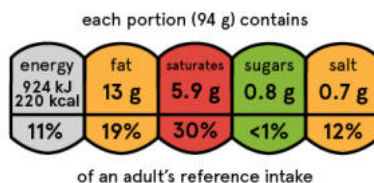


Nutrinform Battery.

Con código de colores

Etiqueta de la parte frontal de los envases en el Reino Unido:

- El sistema de "semáforo" es voluntario
- Combina un código de colores con la información de ingestas de referencia porcentuales, en un formato gráfico que se asemeja a un semáforo.
- Muestra el valor energético (las calorías) y la cantidad (en gramos) de grasa, grasa saturada, azúcares totales y sal por porción o ración de alimento.
- Los colores verdes, ámbar y rojo se utilizan para clasificar el contenido de esos nutrientes cada 100 g/ml de alimento/bebida como "bajo", "medio" o "alto", respectivamente, según el porcentaje de ingestas de referencia.
- Los umbrales: verde (bajo) y ámbar (medio) están definidos por el Reglamento 1924/2006 de la UE
- El color rojo (alto) se aplica si el nutriente proporciona >22 % del valor de la ingesta de referencia cada 100 g/ml.
- En el caso de los alimentos en porciones grandes, para el color rojo se aplican umbrales de porción.




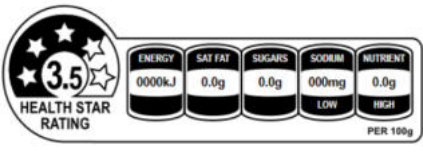


Sistema de Semáforo del Reino Unido



Tipo "semáforo" en Portugal

| | |
|---|--|
| <p>Semáforo simplificado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permite evaluar a través de colores rojo, amarillo y verde el alto, medio o bajo contenido del nutriente crítico respectivamente. • Es más simple, no informa valores absolutos de los nutrientes, ni los porcentajes de los valores diarios recomendados. • Ha sido adoptado por ley en Ecuador (2014) y Bolivia (2017). | <div data-bbox="791 306 1018 529" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Semáforo simplificado en Ecuador</p> |
| <p>Advertencias nutricionales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con octágonos negros y texto “ALTO EN” para los nutrientes críticos (energía, azúcar, sodio y grasas saturadas), de acuerdo a un conjunto de puntos de corte por cada 100 miligramos (alimentos sólidos) o 100 mililitros (alimentos líquidos) • Adoptado por países como: Chile, Perú, Argentina entre otros. | <div data-bbox="677 830 1153 1001" style="text-align: center;"> </div> |
| <p>De indicador sintético</p> | |
| <p>Indicadores graduados</p> | |
| <p style="text-align: center;">Nutri-Score</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es un sistema nutricional basado en el modelo de perfiles nutricionales de la Agencia de Normas Alimentarias del Reino Unido. Se utiliza en diferentes países de Europa • El algoritmo tiene en cuenta tanto los elementos "negativos" (azúcares, ácidos grasos saturados, sal y calorías) como los "positivos" (proteínas, fibra, fruta, verduras, legumbres y frutos | <ul style="list-style-type: none"> • El sistema utiliza una escala de cinco colores asociados con las letras A a la E • Distingue productos con mayor calidad nutricional (verde oscuro y verde claro) de los productos con menor calidad nutricional (naranja y rojo). • Utiliza algoritmos ligeramente diferentes para bebidas, grasas y aceites, y quesos. |

| | |
|--|--|
| <p>secos) en 100 g o 100 ml del alimento.</p> |  |
| <p>Logotipos positivos (aprobación)</p> | |
| <p>Logotipo de cerradura “Keyhole”</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollado por la Agencia Nacional de Alimentos de Suecia, de color verde o negro, etiqueta voluntaria y gratuita • El símbolo verde en forma de cerradura identifica la opción más saludable, dentro de treinta y tres grupos de alimentos concretos • Los alimentos etiquetados contienen menos azúcar y sal, más fibra y cereales integrales y menos grasas o grasas más saludables, en comparación con productos similares que no se pueden etiquetar con este logotipo. | <div style="text-align: center;">  <p>Logotipo de la cerradura</p> </div> |
| <p>Healthy Choice (Elección saludable)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Logotipo positivo en el frente de los envases. • Consiste en un modelo de perfil de nutrientes con criterios de grupos específicos. • Define los niveles máximos de grasas saturadas, grasas trans, sal y azúcar añadido y los niveles mínimos de fibra de 100 g de producto teniendo en cuenta la categoría del alimento. | <div style="text-align: center;">  <p>Elección saludable</p> </div> |
| <p>El “Health Star Rating” – (HSR)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ranking de salud a través de estrellas ha sido adoptado de manera voluntaria por Australia y Nueva Zelanda. • El sistema postula que cuantas | <div style="text-align: center;">  <p>“Health Star Rating” – (HSR)</p> </div> |

| | |
|--|--|
| más estrellas, más saludable es el alimento. | |
|--|--|

Fuente: Elaboración propia con base en NORMA INEN 1334-1 (2016), Zugaste Murillo (2025)

Finalmente, los modelos de etiquetado frontal de los envases pretenden ser un incentivo para que la industria alimentaria elabore productos con una mejor puntuación, reformule sus productos lo que podría contribuir hacia la presentación de alimentos más saludables.

2.11.4. Información nutricional o declaración de nutrientes

La información nutricional es obligatoria para todas las etiquetas nutricionales en productos elaborados. Hace referencia principalmente al aporte energético (calórico) y contenido de nutrientes que aparece en las etiquetas de los alimentos y bebidas. Con carácter general, se debe declarar por este orden: El valor energético, cantidad de grasas, cantidad de grasas saturadas, hidratos de carbono, azúcares, proteínas y sal. De manera voluntaria y por este orden se puede añadir la cantidad de una o varias de las siguientes nutrientes: Grasas monoinsaturadas, grasas poliinsaturadas, polialcoholes, almidón, fibra alimentaria, vitaminas y minerales. En las etiquetas, la información nutricional indica también la cantidad o porción del alimento que debería ser consumido y a la cual se debe prestar atención para conocer cuántas calorías se consume. Sin duda aprender a leer etiquetas es fundamental para hacer elecciones saludables. La descripción de la Tabla 2.9 sobre la Información Nutricional resalta su importancia como herramienta útil para identificar si un producto es alto en grasa, sal y/o azúcar. Si bien algunos productos

pueden tener una presentación muy similar en el exterior, la calidad de los nutrientes puede ser muy diferente.

Tabla 2.9. Información nutricional

Siempre encontrarás por este orden la siguiente información:

- 1** **ENERGÍA.** Siempre sabrás cuántas calorías contiene el alimento.
- 2** **GRASAS.** ¡Hay distintos tipos de grasa! Siempre figurarán las grasas saturadas. En ocasiones encontrarás las grasas insaturadas que pueden ser: monoinsaturadas o poliinsaturadas
- 3** **HIDRATOS DE CARBONO.** Siempre estarán incluidos los azúcares. En ocasiones se incluyen otros hidratos de carbono, que son: los polialcoholes y el almidón.
- FIBRA.** En algunos productos podrás encontrar la cantidad de fibra del alimento.
- 4** **PROTEÍNAS.** Conocerás siempre el contenido en proteínas del alimento.
- 5** **SAL.** Siempre se indicará el contenido de sal del alimento.

INFORMACIÓN NUTRICIONAL

| | INFORMACIÓN OBLIGATORIA | | INFORMACIÓN VOLUNTARIA | |
|---|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| | Por 100 g o 100 ml de producto | IR (por 100 g o 100 ml de producto) | Por porción de 30 g de producto | IR (por porción de 30 g de producto) |
| Valor energético | 1614 kJ 381 kcal | 19 % | 484 kJ 114 kcal | 5,7 % |
| Grasas de las cuales: | | | | |
| Saturadas | 1,5 g 0,3 g | 2,1 % 1,5 % | 0,45 g 0,1 g | 0,64 % 0,45 % |
| Hidratos de carbono de los cuales: | | | | |
| Azúcares | 79 g 15 g | 30,4 % 16,6 % | 23,7 g 4,5 g | 9,11 % 5 % |
| Fibra alimentaria | 3,1 g | | 0,9 g | |
| Proteínas | 12 g | 24 % | 3,6 g | 7,2 % |
| Sal | 0,46 g | 7,6 % | 0,13 g | 2,3 % |

| VITAMINAS Y MINERALES | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-------|---------------------------------|-------|
| | Por 100 g o 100 ml de producto | % VRN | Por porción de 30 g de producto | % VRN |
| Tiamina (B1) | 0,9 mg | 83 % | 0,3 mg | 25 % |
| Vitamina E | 19 mg | 83 % | 3,0 mg | 25 % |
| Hierro | 0,9 mg | 83 % | 0,3 mg | 25 % |

¡UN ENVASE PUEDE CONTENER MÁS DE UNA PORCIÓN! Fíjate en:
El tamaño de la porción
El número de porciones que contiene el envase

Las **INGESTAS DE REFERENCIA (IR)** se refieren a una dieta de 2000 Kcal/8400 KJ para un adulto medio



Es voluntaria la indicación de **VITAMINAS Y MINERALES**
- Cuando aparezcan, siempre lo harán además como porcentaje de los Valores de Referencia de Nutrientes (%VRN) especificados por 100 g o por 100 ml.
- En ocasiones, además la encontrarás por porción o por unidad de consumo.

Fuente: Subd. General de Higiene y Seguridad Alimentaria, (2016)

2.11.5. Etiquetado nutricional: Unidades y formatos

El uso correcto de unidades y formatos estandarizados es clave para que la información nutricional realmente se entienda. Además, ayuda a que el consumidor pueda compararla con más facilidad y tomar decisiones con mayor seguridad. La verdad es que no basta con incluir los datos; también es importante presentarlos de una forma clara, ordenada y fácil de leer. Y es que el diseño de esta información no solo está guiado por

normativas nacionales e internacionales, sino también por criterios prácticos de legibilidad que buscan hacerla más útil en la vida real.

Unidades de medida estandarizadas. La mayoría de los sistemas de etiquetado nutricional, expresan los nutrientes en unidades del Sistema Internacional (SI):

Energía: kilojulios (kJ) y kilocalorías (kcal)

Proteínas, carbohidratos, azúcares, grasas, fibra: gramos (g)

Sodio y sal: miligramos (mg) o gramos (g)

Vitaminas y minerales: miligramos (mg), microgramos (μg) o como porcentaje de la Ingesta Diaria Recomendada (% IDR)

Formatos de presentación de la información: La información nutricional debe presentarse bajo formatos comprensibles y consistentes. Los dos más comunes son:

Por 100 g o 100 ml, facilita la comparación entre productos similares

Por porción: Indica el valor nutricional por unidad de consumo habitual (ej. 30 g de cereal o una barra), va acompañado del tamaño de la porción y la cantidad de porciones por envase.

Porcentaje de valores diarios: permite expresar la información nutricional como % del Valor Diario de Referencia o % IDR, mostrando cuánto aporta una porción del alimento a la ingesta diaria recomendada de un nutriente específico, tomando como base una dieta promedio de 2000 kcal al día para adultos sanos.

2.11.6. Guía para calcular la Información Nutricional de etiquetas

Identificación de ingredientes y cantidades

Fórmula base o receta del producto, detallando todos los ingredientes y sus respectivas cantidades sea en gramos o mililitros. Base para el análisis nutricional.

Consulta de bases de datos de la composición de alimentos

Para cada ingrediente, se consultan fuentes oficiales que proporcionan los valores por 100 g de alimento crudo, tanto del aporte energético, como del contenido de macronutrientes como proteínas, grasas, carbohidratos y micronutrientes como vitaminas, minerales.

Cálculo del valor energético total de los nutrientes

La energía se calcula aplicando los **Factores de conversión de Atwater**:

Proteínas: 4 kcal/g; Carbohidratos: 4 kcal/g; Grasas: 9 kcal/g; Fibra dietética (si se declara): 2 kcal/g

Ejemplo: Un producto con 8 g de carbohidratos, 2 g de proteínas y 1 g de grasa tendrá:

$$(8 \times 4) + (2 \times 4) + (1 \times 9) = 43 \text{ kcal por porción}$$

Conversión a porciones o presentación comercial

Se define una **porción estandarizada**, en gramos o unidades prácticas (ej. una barra, una galleta). Se ajustan los valores nutricionales a esa porción y también por 100 g/ml.

Cálculo del % de Valor Diario Recomendado (%VDR)

Para facilitar la interpretación del consumidor, se calcula el porcentaje del valor diario recomendado según Normativas locales. **Ejemplo:** Si una porción aporta 2 g de grasa y la ingesta recomendada diaria es de 65 g:

$$(2 \div 65) \times 100 = \mathbf{3.1 \% \text{ VDR}}$$

Verificación de la normativa

Antes de emitir la etiqueta definitiva, es fundamental revisar la normativa del país en el que se comercializará el producto, considerando aspectos como el formato de presentación, las tolerancias permitidas, la inclusión de declaraciones nutricionales o de salud y, si aplica, el etiquetado frontal obligatorio.

Ejercicio. Información Nutricional para la etiqueta de un producto (galletas).

Datos:

Nutrientes en 100 (g) de muestra: Grasa 9 g; Proteína 1.7 g; HC 59 g

Valores diarios recomendados para una dieta de 2000 kcal: grasa 65 g; proteína 50 g; HC 300 g.

La energía se calcula aplicando los factores de conversión de **Atwater**:

Cálculos y resultados

Fórmulas

Nutriente en la porción (g) = nutriente en la muestra (g) x porción (g) / 100 (g)

%IDR = Nutriente en la porción (g) x 100 / Nutriente diario recomendado (g)

Valor de energía = (Factor de conversión para cada nutriente) x (Nutriente en la porción g)

| Producto galletas | Nutrientes | | | Valor de la energía | | | | |
|---------------------------|-----------------|-----------------|--------|---------------------|-------|----------|-----|-------|
| | Grasa (g) | Proteína (g) | HC (g) | Nutrientes | | | | |
| | | | | Unidades | Grasa | Proteína | HC | Total |
| Porción 36 (g) | 3 | 0.6 aprox. 1 | 21 | (kcal) | 27 | 4 | 84 | 115 |
| %IDR | 4.6 aprox. 5 | 2 | 7 | (kj) | 111 | 17 | 357 | 485 |

INFORMACIÓN NUTRICIONAL

| Información Nutricional | | |
|------------------------------|--------------------------|------------------|
| Tamaño de la porción: | (4 galletas) 36 g | |
| Porciones por envase: | 5 | |
| CANTIDAD POR PORCIÓN | | |
| Energía | 485 kj | 115(kcal) |
| Energía de grasa | 111 kj | 27(kcal) |
| | % IDR* | |
| Grasa total | 3g | 5% |
| Grasas saturadas | g | |
| Grasas trans | g | |
| Colesterol | mg | |
| Sodio | g | |
| Carbohidratos totales | 21g | 7% |
| Fibra | g | |
| Azúcares | g | |

| | | |
|---|-----------|-----------|
| Proteínas | 1g | 2% |
| Vitamina A | | |
| Vitamina C | | |
| Calcio | | |
| Hierro | | |
| Vitamina D | | |
| Vitamina E | | |
| *Los porcentajes de valores diarios se basan En una dieta de 2000 calorías | | |

2.12. Guía práctica ¿Cómo leer una etiqueta nutricional?

Paso 1: Identificar el tamaño de la porción

✦ Verificar cuántos gramos o mililitros se consideran una porción.

📍 Ejemplo: "Porción: 30 g (1 barra)"

👉 Importancia: Si el consumo, es más, multiplicar los valores nutricionales.

Paso 2: Observar el valor energético

🔍 Fijarse en las calorías por porción y por 100 g/ml.

📍 Ejemplo: "Energía: 135 kcal por porción"

👉 Importancia: Ayuda a controlar el aporte calórico diario.

Paso 3: Revisar los nutrientes críticos

⚠️ Azúcares, grasas saturadas, sodio.

📍 *Buscar:* "Azúcares: 8 g", "Grasas saturadas: 2 g", "Sodio: 250 mg"

👉 Importancia: Un exceso puede aumentar el riesgo de enfermedades crónicas.

Paso 4: Valorar los nutrientes beneficiosos

✓ Proteínas, fibra, vitaminas y minerales.

📍 *Buscar:* "Proteína: 5 g", "Fibra: 4 g", "Vitamina C: 15% VDR"

👉 *Importancia:* Apoyan el crecimiento, la inmunidad y la salud digestiva.

Paso 5: Interpretar el % de Valor Diario Recomendado (% VDR)

📌 *Ejemplo:* “Azúcares: 8 g (16 % VDR)”

👉 *Significa:* Esa porción cubre el 16 % del total diario recomendado.

📌 Tener en cuenta que el cálculo se basa en una dieta estándar de 2000 kcal/día.

Paso 6: Consultar la lista de ingredientes

📌 Están ordenados de mayor a menor.

👉 Si el primer ingrediente es azúcar, grasa o jarabe de maíz, es un producto ultraprocesado.

🔍 Identificar aditivos, alérgenos y nombres ocultos de azúcares (ej. maltosa, dextrosa).

🎯 Consejo final: Usar etiquetas como herramienta de elección consciente

🗨️ Comparar productos similares, elegir los que tienen menos azúcares y sodio, y más fibra o proteína.

Etiquetas claras = decisiones saludables.

Fuente: Elaboración propia adaptada con Open AI, (2025)

Por lo tanto, el etiquetado nutricional no es un elemento aislado, sino una parte integral del sistema alimentario que articula aspectos de información, regulación y salud pública. Es un medio de comunicación directo entre la industria y el consumidor e influye en los patrones de consumo. Su fortalecimiento y actualización continua resultan

indispensables para garantizar decisiones de compra más informadas y un mayor compromiso con la seguridad o/y el bienestar nutricional de la población.

CAPÍTULO III

LA TECNOLOGÍA APLICADA A LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

PARTE I. Procesos de transformación de alimentos

3.1. Introducción

La transformación de alimentos comprende el conjunto de procesos mediante los cuales las materias primas, las operaciones unitarias y los balances de materia y energía se conectan con el diseño de procesos y los criterios de ingeniería. También se analiza la importancia del control de calidad y de la seguridad alimentaria, y cómo las herramientas digitales se han vuelto grandes aliadas para asegurar la inocuidad y la trazabilidad. Además, a diferencia de los métodos de conservación, que se enfocan principalmente en alargar la vida útil del alimento, la transformación busca ir un paso más allá: darle nuevas características, como una mejor textura, un sabor más atractivo, una apariencia más cuidada o incluso un mayor valor funcional. Y es que la transformación alimentaria no consiste solo en modificar un producto, sino en darle una nueva dimensión. La verdad es que ahí es donde se cruzan la ciencia, la ingeniería y la innovación, haciendo posible el desarrollo de alimentos que respondan mejor a lo que hoy buscan las personas: practicidad, calidad y aporte nutricional.

3.2. Materias primas en la industria de alimentos

Las materias primas son el punto de partida de toda la industria alimentaria, y la verdad es que, de su calidad, su composición y su manejo depende en gran medida que se obtengan productos seguros, nutritivos y confiables.

3.1.1. Generalidades

Las materias primas representan la base sobre la cual se construye todo el proceso de elaboración. En términos simples, las materias primas son aquellas sustancias o componentes básicos, todavía no procesados, que se utilizan para fabricar distintos productos alimentarios. Por lo general, estos materiales provienen directamente de la naturaleza o se obtienen a través de procesos de extracción primaria, siendo el primer eslabón de una cadena que después dará forma al alimento final.

3.1.2. Características de calidad

Las materias primas presentan variabilidad intrínseca que afecta las propiedades fisicoquímicas (humedad, actividad de agua, pH, composición de macronutrientes), las características organolépticas (sabor, olor, color) y comportamientos tecnológicos (capacidad de retención de agua, gelificación, emulsificación). El conocimiento detallado de estas propiedades es imprescindible para diseñar procesos que maximicen rendimiento y calidad. En materias primas vegetales la madurez de cosecha y el contenido de agua influyen en la textura y en la respuesta a operaciones térmicas o de secado; en materias primas animales, la composición proteica y la estabilidad lipídica condicionan

la funcionalidad y la conservación. La caracterización precisa permite optimizar formulaciones, tiempos de proceso y condiciones de conservación (Bulgaru & et al., 2025).

3.1.3. Etapas previas de tratamiento: Recepción y almacenamiento

Constituyen una etapa estratégica para la calidad en el diseño de toda línea de producción. Aunque es un procedimiento aparentemente sencillo, exige responsabilidad del personal y una evaluación integral basada en criterios como la aptitud tecnológica (compatibilidad con el proceso a emplear), calidad intrínseca (atributos sensoriales y composición), inocuidad (ausencia de contaminantes microbiológicos, químicos y físicos), disponibilidad estacional y coste logístico. El diagrama de flujo, Figura 3.1 indica el procedimiento a seguir:

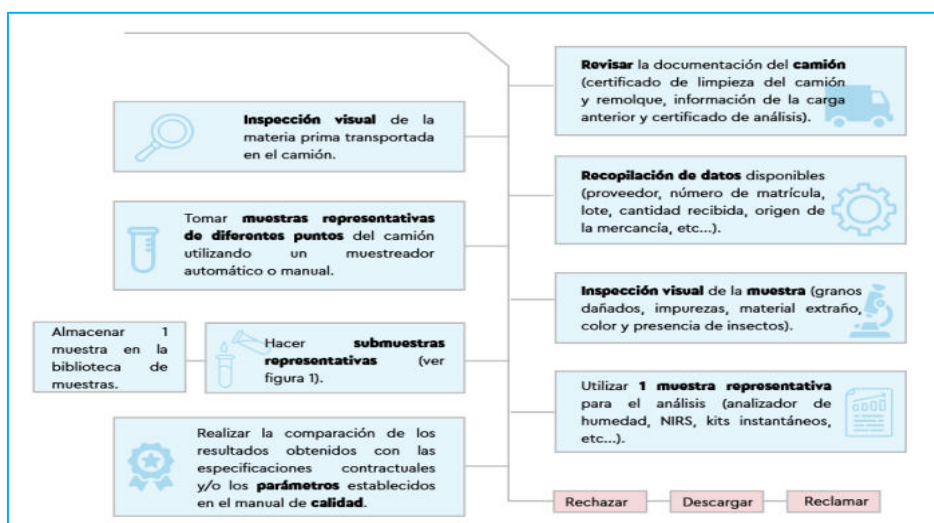


Figura 3.1. Diagrama de flujo durante la recepción de materias primas

Fuente: (H&N Internacional, 2025)

3.1.4. Etapa de acondicionamiento

El acondicionamiento de las materias primas influye de forma directa en la elaboración de productos de calidad, porque no solo ayuda a reducir la carga microbiana, sino que también mejora la eficiencia tecnológica del proceso. Y es que, cuando la materia prima se prepara adecuadamente desde el inicio, todo el proceso fluye mejor y el resultado final suele ser más seguro, más uniforme y confiable.

3.1.5. Muestreo

Es la primera barrera para garantizar la seguridad del alimento, porque permite tener una idea clara del estado real de la materia prima antes de que entre al proceso. Básicamente, consiste en tomar pequeñas muestras representativas de un lote para evaluar su condición general. Además, este muestreo suele seguir etapas bastante definidas: primero se recolectan muestras seriadas, luego se agrupan todas y, a partir de ahí, se establece una muestra representativa para el análisis. Y es que, en productos sólidos, un método sencillo y muy usado es el cuarteo, precisamente porque ayuda a obtener una muestra más confiable y cercana a la realidad del lote (figura 3.2).

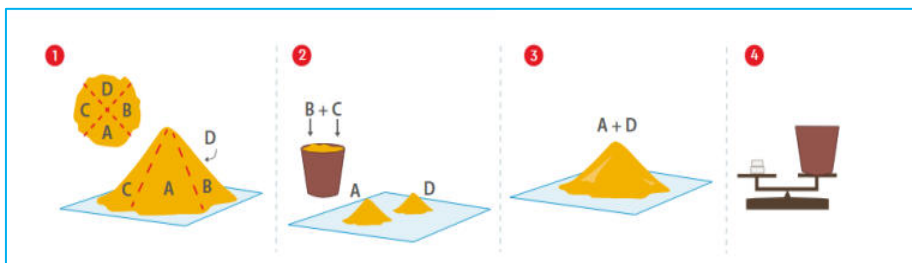


Figura 3.2. Muestreo utilizando el método de conos y cuarteo

Fuente: H&N Internacional, (2025)

1. El grano volcado tomará la forma de un cono, se divide en cuatro cuartos (por ejemplo, A, B, C y D).
2. Seleccionar dos cuartos opuestos (por ejemplo, A+D).
3. Mezclar las muestras seleccionadas (por ejemplo, A+D) para formar un nuevo cono de grano.
4. Repetir hasta que el tamaño de uno de los cuartos sea equivalente al peso de la muestra final requerida.

Un resultado analítico solo es confiable si la muestra seleccionada representa de manera adecuada al lote evaluado.

3.2. Operaciones unitarias: Conceptos y categorías de clasificación

Se definen como cada una de las etapas del proceso de transformación para la obtención de productos, cuya finalidad es separar dos o más sustancias presentes en la mezcla o el intercambio de propiedades (Ibarz & Barbosa-Cánovas, 2011).

Las operaciones unitarias implican tratamientos físicos a la materia prima y obedecen las leyes de la conservación de la masa y la energía.

Clasificación: Se toma en cuenta que cada una tiene una fuerza impulsora y un gradiente de alguna propiedad, que especifica el mecanismo principal de transferencia. Según (Ibarz & Barbosa-Cánovas, 2011), se presentan los siguientes casos:

3.2.1. Transferencia de masa

El mecanismo es la difusión y el gradiente impulsor la diferencia de concentración (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Operaciones unitarias de transferencia de masa

| Operación unitaria | Mecanismo |
|---------------------------|---|
| Destilación | <ul style="list-style-type: none"> • Separación de una mezcla de líquidos por su diferencia de volatilidad • Separación de uno o más componentes de una mezcla gaseosa con la ayuda de un solvente líquido con el cual forma solución. • Separación de una mezcla (líquido-líquido o sólido líquido) mediante el uso de un disolvente selectivo. • Eliminación de un componente de una mezcla (líquido-líquido o líquido-gas) al ser retenida sobre la superficie de un sólido poroso. • Proceso de purificación entre dos electrolitos, en el cual se da la sustitución de ciertos iones de disolución por otros. |
| Absorción | |
| Extracción | |
| Adsorción | |
| Intercambio iónico | |

Fuente: Elaboración propia con base en UnADM, (2025).

3.2.2. Transferencia de energía

Operaciones controladas por gradientes de temperatura. Dependen del mecanismo que transfiere el calor, distinguiéndose conducción, convección y radiación (Figura 3.3). Estos mecanismos, presentan características particulares como se describe en la Tabla 3.2.



Figura 3.3. Mecanismos de transferencia de calor

Fuente: (Libro-pedia)

Tabla 3.2. Operaciones unitarias de transferencia de energía

| Operación unitaria | Mecanismo |
|---------------------------|--|
| Conducción | En medios materiales continuos, el calor fluye en sentido decreciente de temperaturas, y no existe movimiento macroscópico de materia. La rapidez de la conducción depende la naturaleza del sólido a través del cual se propaga el calor. |
| Convección | El flujo entálpico asociado a un fluido en movimiento se le denomina flujo convectivo de calor. Se produce en líquidos y gases donde los átomos y moléculas son libres de moverse en el medio |
| Radiación | Transmisión de energía mediante ondas electromagnéticas. No necesita de un medio material para propagarse. Hay cuerpos que tienen mayor capacidad de absorción que otros. |

Fuente: Elaboración propia con base en Ibarz & Barbosa-Cánovas, (2011)

3.2.3. Transferencia de cantidad de movimiento

Su mecanismo es el rozamiento, y el gradiente impulsor es la diferencia de velocidad, (UnADM, 2025), (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Operaciones de transferencia de cantidad de movimiento

| Operación unitaria | Mecanismo |
|---|--|
| Compresión Bombeo Fluidización | <ul style="list-style-type: none">• Aumento de la presión de un fluido por medio del suministro de energía mecánica.• Impulso de líquidos para moverlos por medio del suministro de energía mecánica.• Circulación de fluidos por lechos sólidos con el fin de suspender las partículas sólidas y movilizarlas, y son: Filtración: Separación mediante una barrera física. Sedimentación: Separación por acción de la gravedad. Flotación: Separación mediante la adhesión selectiva de partículas a burbujas de aire. Centrifugación: Separación por la acción de una fuerza centrífuga. |

Fuente: Elaboración propia con base en Ibarz & Barbosa-Cánovas, (2011)

3.2.4. Transferencia simultánea de masa y calor

Existe a la vez un gradiente de concentración y de temperatura. En la Tabla 3.4, se presenta la clasificación de este tipo de transferencia.

Tabla 3.4. Operaciones unitarias de transferencia simultánea de masa y calor

| Operación Unitaria | Mecanismo |
|--------------------------------|---|
| Evaporación | <ul style="list-style-type: none"> • Intercambio de calor que se transfiere desde un medio (que será enfriado) hacia un fluido, existe un cambio de fase de líquido a gas. |
| Condensación | <ul style="list-style-type: none"> • Es el intercambio de calor desde un medio hacia un fluido, y existe un cambio de fase de gas a líquido. |
| Cristalización | <ul style="list-style-type: none"> • Formación de cristales sólidos en una solución líquida sobresaturada. |
| Deshidratación (secado) | <ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la cantidad de líquido en un sólido mediante la aplicación de calor. |

Fuente: Elaboración propia con base en UnADM, (2025)

3.2.5. Operación unitaria compleja y simultánea: Extrusión

La extrusión es una operación que combina múltiples procesos (transferencia de cantidad de movimiento, de energía y de masa). Su capacidad para mejorar la calidad y la seguridad de los alimentos la convierte en una técnica esencial en la industria moderna. Las etapas del proceso de extrusión comprenden: mezcla, formado, cocción, (Tabla 3.5).

Tabla 3.5. Etapas del proceso de extrusión



Fuente: (RUNXIANG), (ITSQMET)

3.2.6. Operaciones unitarias complementarias

Las operaciones complementarias se resumen en los pasos físicos como la trituración, molienda, agitación y mezclado (Tabla 3.6), que preparan las materias primas o acondicionan el producto, trabajando junto con las operaciones unitarias principales.

Tabla 3.6. Operaciones unitarias complementarias

| Operaciones unitarias | | Mecanismo |
|-----------------------|---|--|
| Trituración | y | <ul style="list-style-type: none"> Se reduce el tamaño de partículas y se pulveriza el producto Por medios mecánicos se logra un movimiento circular que a su vez permite el mezclado logrando la homogeneización. |
| Molienda | | |
| Agitación | y | |
| mezclado | | |

Fuente: Elaboración propia

La síntesis de clasificación ha permitido identificar que la verdadera fortaleza del enfoque de operaciones unitarias está en su capacidad de simplificar procesos complejos en etapas elementales y medibles lo que facilita comprender su diseño y control.

3.3. Diseño de procesos y criterios de ingeniería

Los procesos alimentarios se describen a través de diagramas de flujo o de proceso. Son esquemas, que indican las diferentes etapas de elaboración, así como el flujo de materia o energía involucrados en dicho proceso. Existen distintos tipos de diagramas. En ellos cada etapa del proceso se representa por un rectángulo, que tiene entradas y salidas para indicar el sentido del flujo de materiales (Ibarz & Barbosa-Cánovas, 2011).

3.3.1. Diagrama de flujo (bloques)

A través de una representación gráfica secuencial se describe las etapas de un procedimiento, de manera ordenada y simplificada. Un ejemplo puede ser el proceso sous-vide, que prácticamente se trata de un envasado-cocción-almacenamiento en frío (Figura 3.4).

3.3.2. Diagrama de procesos

Este tipo de diagramas es más detallado, precisando las características de elaboración del producto. Gráficamente se representa en bloques, con texto breve y concreto, guardando una secuencia cronológica con flechas que los vinculan (Figura 3.5)

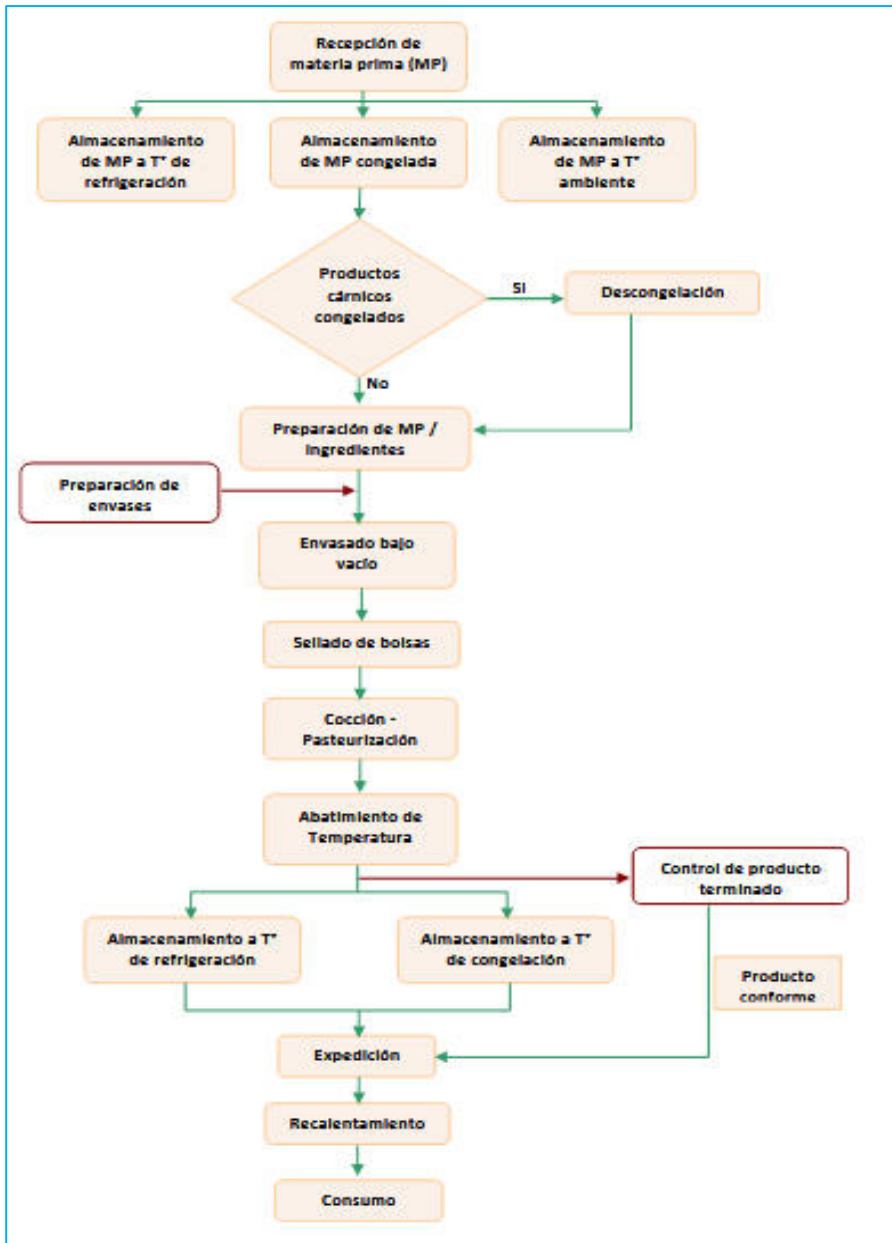


Figura 3.4. Diagrama de flujo de un sistema sous-vide típico

Fuente: Ibarz & Barbosa-Cánovas, (2011)

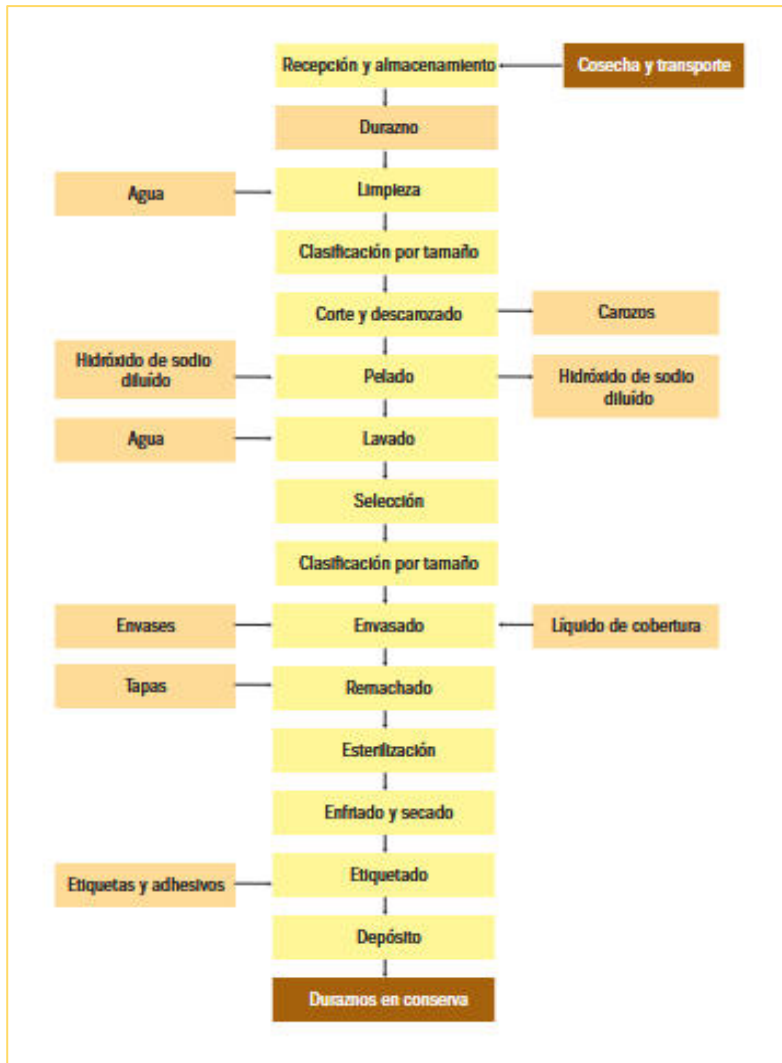


Figura 3.5. Diagrama de proceso duraznos en conservas

Fuente: Ibarz & Barbosa-Cánovas, (2011)

3.3.3. Balance de materia y energía

Los balances de materia y energía son esenciales en el diseño de procesos alimentarios. Son importantes en la optimización y el control

de procesos, y en el análisis económico (de rentabilidad) de procesos y plantas de procesamiento de alimentos. Los cálculos de balance de materia en el procesamiento de alimentos se basan en un componente clave del alimento, como sólidos totales, agua, azúcares o aceite (Maroulis, 2011). El principio de conservación establece que la materia y la energía no se crean ni se destruyen, solo se transforman.

Para resolver los problemas, es mejor considerar los siguientes pasos: a) Recolección de datos. b) Diseñar el diagrama de flujo y de procesos. c) Solucionar los problemas de balance.

Bases de cálculo

Base húmeda: considera la masa total del producto.

Base seca: considera solo los sólidos, muy útil en procesos de secado.

Unidades comunes:

Masa (kg, g),

Energía (kJ, kcal),

Flujo másico (kg/s, kg/h),

Temperatura (°C, K).

3.3.4. Ejemplo práctico

Deshidratación de manzanas. Se tiene 1000 kg de manzanas de manzana fresca que contiene 85% de humedad. Se desea secar hasta 10% de humedad. ¿Cuánta agua se elimina y cuál es la masa final del producto seco?

Datos:

Masa inicial de manzanas $M_i = 1000 \text{ kg}$

Humedad inicial $H_i = 85 \%$

Humedad final $H_f = 10\%$

Determinar la cantidad de materia seca inicial

Materia seca = $M_i \times (1 - H_i)$

Materia seca = $1000 \text{ kg} (1 - 0.85)$

Materia seca = 150 kg

Determinar la masa final del producto seco

Si en el producto final la humedad es del 10%, la materia seca representa el 90% de la masa final

Materia seca = $M_f \times (1 - H_f)$

$$150 = M_f \times 0.90$$

$$M_f = 166.67 \text{ kg}$$

Determinar el agua eliminada

Agua eliminada = $M_i - M_f$

Agua eliminada = $1000 \text{ kg} - 166.67$

Agua eliminada = 833.33 kg

Respuesta final

Se elimina 833.33 kg de agua y la masa final del producto seco es 166.67 kg aproximado a 167 kg

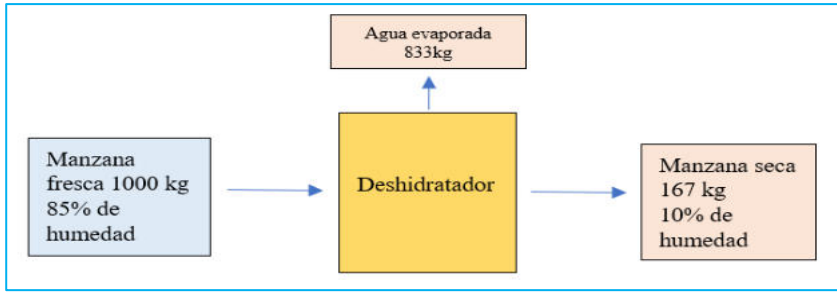


Figura 3.6. Diagrama de bloques de entrada y salida

Fuente: Elaboración propia

3.3.5. Balance de energía

Los balances de energía en el procesamiento de alimentos involucran principalmente energía térmica (Maroulis, 2011). De acuerdo a las condiciones del sistema y el entorno.

El primer caso cuando la temperatura del sistema es mayor a la temperatura del entorno (Figura 3.7), en donde la dirección de la transferencia de calor se realiza del sistema al entorno, ($-Q$), el proceso es exotérmico, el sistema libera calor al entorno (UnADM, 2025)

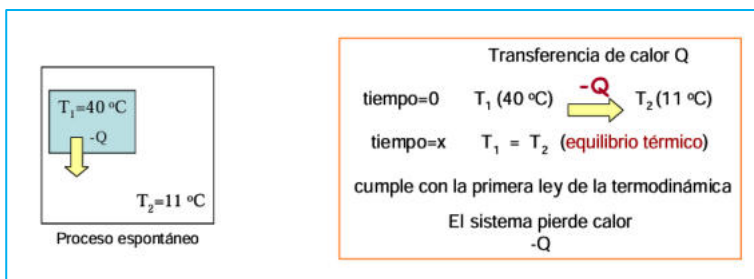


Figura 3.7. Balance de energía (proceso exotérmico)

Fuente: UnADM, (2025)

El segundo caso ocurre cuando la temperatura del sistema es menor respecto a la temperatura del entorno, la dirección de la transferencia es del entorno al sistema, (+Q), el proceso es endotérmico, el sistema absorbe calor del entorno (Figura 3.8)

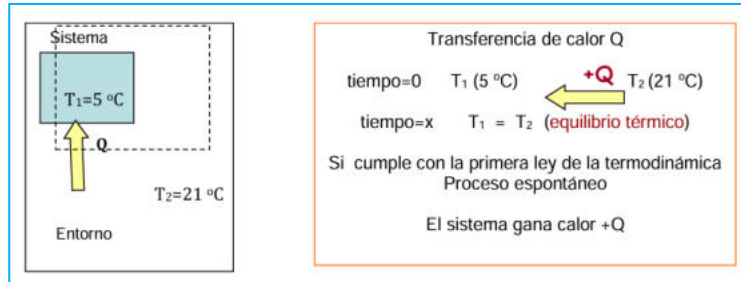


Figura 3.8. Balance de energía (proceso endotérmico)

Fuente: UnADM, (2025)

Energía sensible y latente

Energía sensible: $Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$

Energía latente: $Q = m \cdot \lambda$

Fórmulas útiles

Calor específico de alimentos líquidos: $c_p \approx 3.9 - 4.2\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

Calor latente de evaporación del agua: $\lambda \approx 2257\text{ kJ/kg}$ a 100 °C

3.3.6. Ejemplo práctico: Pasteurización de la leche

Datos

Masa de leche $m = 1000\text{ kg}$

Temperatura inicial $T_i = 4\text{ °C}$

Temperatura final $T_f = 72\text{ °C}$

$$\Delta T (T_f - T_i)$$

Calor específico de la leche $C_p = 3.9 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

Fórmula de transferencia de calor

$$Q = m \times c_p \times \Delta T = 1000 \times 3.9 (72-4)$$

$$Q = 265,2 \text{ kJ}$$

Respuesta final

La energía necesaria para calentar 1000 kg de leche de 4 °C a 72 °C es $\approx 265,200 \text{ kJ}$

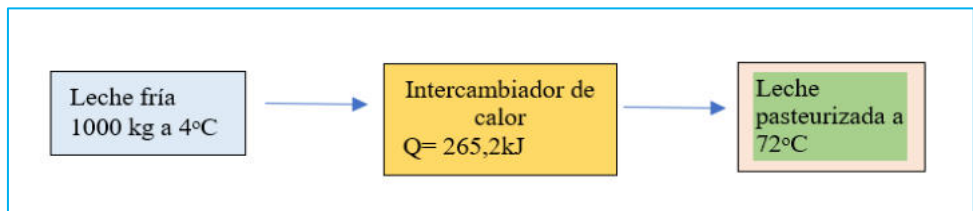


Figura 3.9. Diagrama de bloque de entrada y salida de energía

Fuente: Elaboración propia

3.3.7. Integración de balances (Materia + Energía)

En los procesos industriales, ambos balances deben analizarse de manera conjunta, porque uno complementa al otro. Por ejemplo, en el secado de frutas, el balance de materia permite saber cuánta agua se elimina, mientras que el balance de energía ayuda a calcular cuánta energía térmica se necesita para evaporarla. Y es que solo al integrar ambos se puede entender realmente cómo funciona el proceso, estimar sus costos y evaluar su eficiencia de forma más precisa (Toledo & et al., 2021).

Autores como Maroulis, (2011) que presenta el enfoque del diseño de procesos y criterios de ingeniería con los balances de materia y energía, demuestran precisamente la relevancia estratégica de la ingeniería, en la que no se trata solo de conectar equipos, sino de optimizar caudales, temperaturas, tiempos de residencia, flujos de energía y mantener la calidad del producto. Esto permite comprender que el diseño de esos procesos no solo considera la eficiencia, sino también la seguridad y adaptabilidad a las variaciones de materia y energía

3.4. Control de calidad y seguridad alimentaria

Hoy en día en la industria alimentaria, para crecer y ser competitivo, las organizaciones deben ser capaces de demostrar que sus productos son producidos, procesados, empacados y comercializados con altos estándares de calidad e inocuidad, garantizando la seguridad del consumidor. La inocuidad de los alimentos es una enorme responsabilidad en las empresas, por lo que los sistemas de gestión de seguridad alimentaria han ganado una gran importancia para su implementación y búsqueda de certificación. El aumento de las expectativas de los consumidores y su preocupación por la calidad y la seguridad alimentaria; el requisito de cadenas alimentarias diversificadas y el desarrollo de empresas alimentarias con fines de lucro ha obligado a los fabricantes a mejorar los estándares de calidad y seguridad alimentaria de sus productos mediante la implementación de sistemas de gestión (González-Enríquez & García-Pérez., 2022).

3.4.1. Calidad e Inocuidad de alimentos

La *calidad* en los alimentos se entiende como el conjunto de atributos que garantizan su inocuidad, valor nutritivo, aceptabilidad sensorial y cumplimiento de las normativas vigentes. Desde la perspectiva tecnológica, evaluar la calidad implica considerar factores como la selección de materias primas, la aplicación de procesos adecuados y el control en cada etapa de la producción. En este sentido, un alimento de calidad no solo satisface las expectativas del consumidor, sino que también asegura confianza en cuanto a su seguridad y estabilidad durante la vida útil.

La *inocuidad* es la garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor. En este contexto, las empresas han adoptado la gestión de la inocuidad dentro de los procesos de la cadena de suministros apoyándose en los sistemas de gestión de seguridad alimentaria, que se entienden como una red de elementos interrelacionados que combinan para garantizar que los alimentos no causen efectos adversos para la salud humana. Estos elementos incluyen programas, planes, políticas, procedimientos, prácticas, procesos, metas, objetivos, métodos, controles, roles, responsabilidades, relaciones, documentos, registros y recursos. La base de estos sistemas son las buenas prácticas de manufactura y el plan HACCP que son indispensables y forman parte de los requisitos de implementación de cualquier estándar referente a la seguridad alimentaria (Zimon & et al., 2020).

3.4.2. Gestión de la seguridad alimentaria: Norma Internacional ISO 22000

Entre los principales marcos regulatorios se encuentra la ISO 22000, un estándar internacional que establece los requisitos para un sistema de gestión de la inocuidad alimentaria aplicable a toda la cadena alimentaria (ISO 22000).

El estándar ISO 22000 es una norma genérica de los sistemas de gestión de seguridad alimentaria. Define un conjunto de requisitos para un sistema de gestión de la inocuidad de los alimentos para una organización en la cadena alimentaria si necesita demostrar su capacidad para controlar los peligros relacionados con la inocuidad de alimentos, con el objeto de asegurar que sean inocuos al momento del consumo. Está basada en la familia de sistemas de gestión de calidad ISO 9000 e integra la comunicación, los programas de prerrequisitos y el plan HACCP. Se implementa para observar el efecto sinérgico de estos elementos y garantizar la calidad e inocuidad alimentaria a través de la cadena de suministros de los alimentos.

3.4.3. Herramientas de gestión para garantizar la calidad e inocuidad alimentaria

La gestión de la inocuidad alimentaria se apoya en herramientas clásicas como las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES) y el sistema HACCP. Estas metodologías establecen controles preventivos que permiten identificar, evaluar y gestionar los peligros asociados a los

alimentos. Su correcta implementación, junto con auditorías internas y externas, fortalece la credibilidad de las empresas y facilita el acceso a mercados internacionales cada vez más regulados (González-Enríquez & García-Pérez., 2022).

3.4.4. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Tiene como objetivo garantizar que una empresa produzca de forma constante un producto seguro de conformidad con los criterios de calidad especificados y de acuerdo con los requisitos legales. Estas incluyen programas y procedimientos sobre instalaciones, control de proveedores, especificaciones, equipo de producción, manteniendo, capacitación, control del agua potable limpieza y desinfección, higiene personal, capacitación, control de productos químicos, recepción y almacenamiento, trazabilidad y manejo integral de plagas. Toda empresa de alimentos debería tener implementado un programa de BPM, con los prerrequisitos necesarios para implementar el HACCP, considerado protocolo de referencia para la inocuidad de los alimentos (González-Enríquez & García-Pérez., 2022).

3.4.5. Análisis de Riesgos y puntos Críticos de Control (HACCP)

Tiene como objetivo obtener productos inocuos. Se basa en una serie de etapas inherentes a la producción de alimentos, que se inicia con la obtención de la materia prima, pasando por el procesamiento, distribución y finalmente por el consumo. Es un enfoque preventivo de los problemas de higiene. Ayuda a priorizar y orientar el curso de acción necesario para mejorar la calidad sanitaria de los productos (González-Enríquez & García-Pérez., 2022).

3.4.6. La trazabilidad en la cadena alimentaria

La trazabilidad constituye un pilar estratégico en los sistemas modernos de gestión de la calidad e inocuidad alimentaria, posibilita el seguimiento detallado de un producto a lo largo de todas las etapas de la cadena de suministro, desde la obtención de la materia prima hasta su llegada al consumidor final. Este mecanismo asegura la transparencia en los flujos de información, fortalece la capacidad de respuesta ante incidentes críticos, tales como brotes de enfermedades de transmisión alimentaria o prácticas fraudulentas. La trazabilidad se clasifica en tres dimensiones: **hacia atrás**, orientada a la identificación de proveedores; **hacia adelante**, enfocada en el destino del producto; **interna**, permite controlar los movimientos dentro de la empresa (Figura 3.10). Su implementación trasciende la gestión de riesgos, ya que constituye un factor determinante en la generación de confianza en el mercado, la protección del consumidor y la consolidación de ventajas competitivas en la industria alimentaria (Guías BPA).

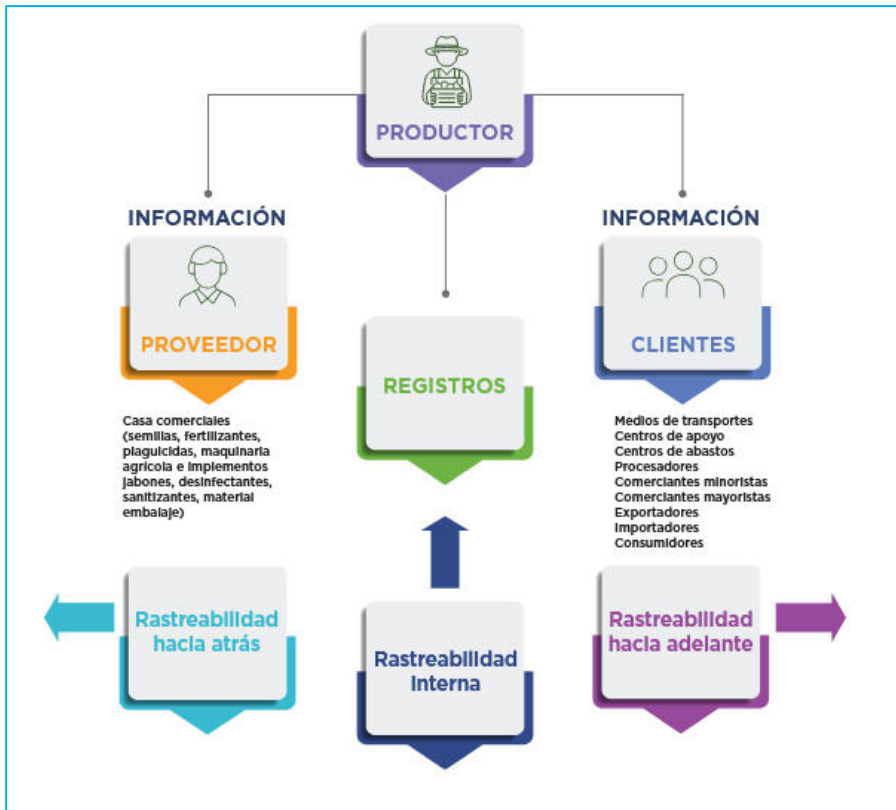


Figura 3.10. Esquema de trazabilidad

Fuente: Guías BPA, (consultado 2025)

Finalmente, todos los principios para un control de calidad y seguridad alimentaria no deben ser asumidos como exigencias normativas aisladas, sino como parte constitutiva del propio diseño de procesos. Solo de esta manera se podrá garantizar que la transformación de alimentos aporte no solo seguridad y confianza, sino también competitividad en mercados globales. La implementación sistemática de herramientas como la ISO 22000, BPM y HACCP deben estar

integradas al diseño de procesos, no como un apéndice regulatorio, sino como parte inherente de la ingeniería productiva.

3.5. Herramientas digitales de inocuidad y trazabilidad en la cadena de suministros

La tecnología digital está revolucionando la administración de la seguridad alimentaria y la trazabilidad en los sistemas de suministro de alimentos a escala mundial. En un escenario en el que se incrementa la exigencia de transparencia, sostenibilidad y calidad en los alimentos, la aplicación e implementación de instrumentos digitales como la cadena de bloques, el Internet de las Cosas (IoT), el análisis de grandes volúmenes de datos y la inteligencia artificial (IA) facilitan asegurar la inocuidad alimentaria y la eficiencia en las cadenas de consumo y trazabilidad. Diversas investigaciones sugieren que la incorporación de herramientas digitales está ayudando a mejorar la detección temprana de riesgos relacionados con la seguridad alimentaria, como la contaminación microbiológica o la identificación de productos adulterados. Además, la verdad es que también se ha observado una reducción en los tiempos de respuesta frente a alertas sanitarias, algo clave porque no solo disminuye las pérdidas económicas, sino que también refuerza la confianza del consumidor. En este escenario, la tecnología *blockchain* ha comenzado a destacar como una herramienta muy valiosa para registrar transacciones de forma transparente, segura e inalterable en tiempo real. Y, por otro lado, el Internet de las Cosas ha hecho posible un monitoreo continuo de las condiciones de almacenamiento y transporte, optimizando de manera importante aspectos tan sensibles como la cadena de frío. No obstante, se detectan

retos asociados con la inversión inicial elevada, la formación tecnológica y las desigualdades digitales en naciones en desarrollo. Su implementación efectiva demanda la implementación de políticas públicas inclusivas, incentivos económicos y programas educativos que fomenten su adopción sostenible y equitativa a escala global (Minchala Hidalgo & et al., 2025)

Se considera, que la detección de estos obstáculos podrá ser superados en un futuro prometedor, pero con ciertas reservas para los países en desarrollo.

Luego del análisis presentado en el capítulo, se confirma que los procesos de transformación de alimentos constituyen un eje valioso dentro de la industria alimentaria, ya que permiten articular la calidad de las materias primas con la aplicación de operaciones unitarias, el diseño de procesos eficientes y la incorporación de sistemas de control e innovación tecnológica.

Finalmente, la formación y la investigación en tecnología de alimentos necesitan avanzar hacia una mirada más sistémica e interdisciplinaria. Y es que los desafíos de la alimentación ya no pueden abordarse desde una sola área o con soluciones aisladas. Además, en este camino, las herramientas digitales, la gestión de riesgos y la innovación en los procesos se vuelven pilares fundamentales para responder con más solidez, creatividad y responsabilidad a los retos actuales y a los que vendrán en el futuro.

PARTE II. Métodos de conservación: evolución, técnica y aplicaciones

3.6. Introducción

La conservación de alimentos se enfoca en aplicar métodos físicos, químicos o biológicos que ayuden a retrasar el deterioro natural de los productos y a evitar el crecimiento de microorganismos que puedan poner en riesgo su inocuidad. Y es que, desde técnicas tradicionales como el secado o la fermentación hasta tecnologías más recientes como las altas presiones o los pulsos eléctricos, el objetivo sigue siendo el mismo: lograr que un alimento conserve por más tiempo su calidad y su seguridad. Además, conservar no significa únicamente alargar la vida útil; también implica mejorar la disponibilidad de los alimentos durante todo el año, reducir las pérdidas postcosecha y asegurar que el consumidor pueda acceder a productos seguros y en buen estado.

En ese sentido, la conservación se convierte en un pilar esencial dentro de la tecnología de alimentos, porque permite que los productos transformados lleguen en condiciones adecuadas hasta el momento de consumo. Este capítulo aborda los métodos de conservación desde una perspectiva integral, recorriendo su evolución y las principales técnicas modernas utilizadas en la industria alimentaria. La verdad es que con ello se busca ofrecer una visión amplia y actualizada que ayude a comprender por qué la conservación ocupa un lugar tan estratégico en la calidad y en la disponibilidad de los alimentos en el mundo actual.

3.7. Esquema de la clasificación de los métodos de conservación

Los métodos de conservación han sido desarrollados gracias a los avances científicos en el área de alimentos, cuyo objetivo principal ha sido prolongar la vida útil de los productos, mantener su inocuidad, características sensoriales y valor nutricional, así como también aplicar tecnologías emergentes con miras a la seguridad alimentaria y sostenibilidad ambiental. Un esquema de clasificación general se presenta en la Figura 3.11

3.8. Tratamientos térmicos

El tratamiento térmico es una de las técnicas de conservación de alimentos más utilizadas, ya que garantiza la inactivación microbiana y enzimática, y prolonga la vida útil. Se emplean diversos tipos de tratamiento térmico, como la pasteurización, la esterilización y el escaldado, según el producto alimenticio y su uso previsto. Los métodos utilizados para aplicar el tratamiento térmico influyen en la calidad, la seguridad y la eficiencia de los alimentos. Los tipos de tratamientos térmicos se clasifican en: (Maurya, 2025)

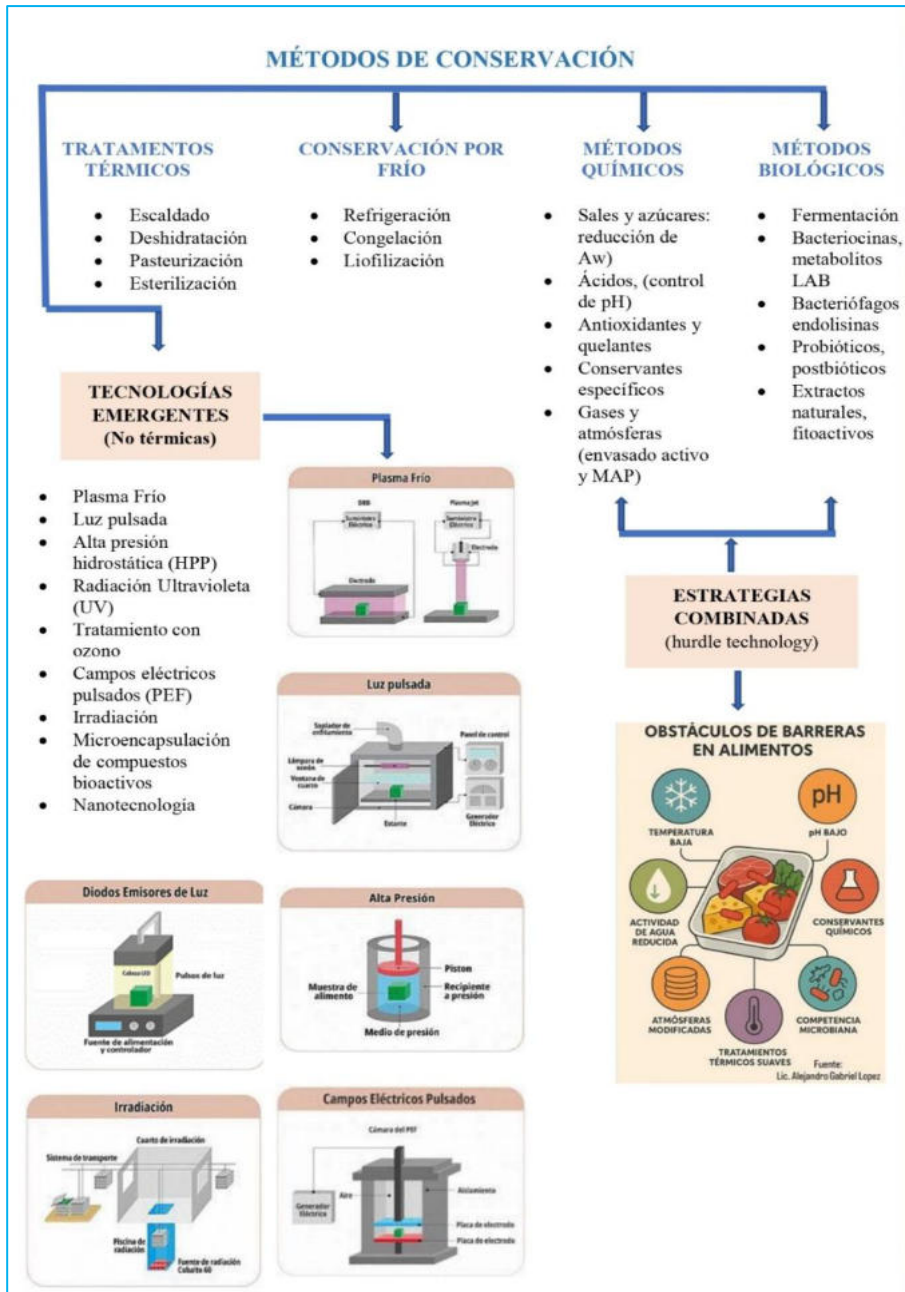


Figura 3.11. Esquema de clasificación de los métodos de conservación

Fuente: Elaboración propia

3.8.1. Pasteurización

La pasteurización es una técnica de tratamiento térmico suave que se utiliza principalmente para destruir microorganismos patógenos y prolongar la vida útil de los productos alimenticios. Este proceso consiste en calentar los alimentos a temperaturas inferiores a 100 °C durante un período específico, suficiente para eliminar las bacterias dañinas y conservar la mayor parte de las cualidades sensoriales y nutricionales del producto. En la Figura 3.12, se representa el proceso de pasteurización de la leche (Cabrejos, consultado 2025).

La pasteurización puede aplicarse a través de tres tipos de tratamiento térmico:

Pasteurización a baja temperatura y tiempo prolongado (LTLT):

Consiste en calentar el producto a unos 63 °C durante 30 minutos, y por lo general se utiliza en productos lácteos.

Pasteurización a alta temperatura y tiempo corto (HTST):

Consiste en calentar los productos a unos 72 °C durante 15 segundos, y se utiliza con frecuencia en la leche y en los jugos de frutas.

Pasteurización a ultra alta temperatura (UHT):

Consiste en calentar los productos a 135 °C durante 2 a 5 segundos, lo que permite que alimentos como la leche y la nata se conserven estables a temperatura ambiente por largos periodos sin necesidad de refrigeración.

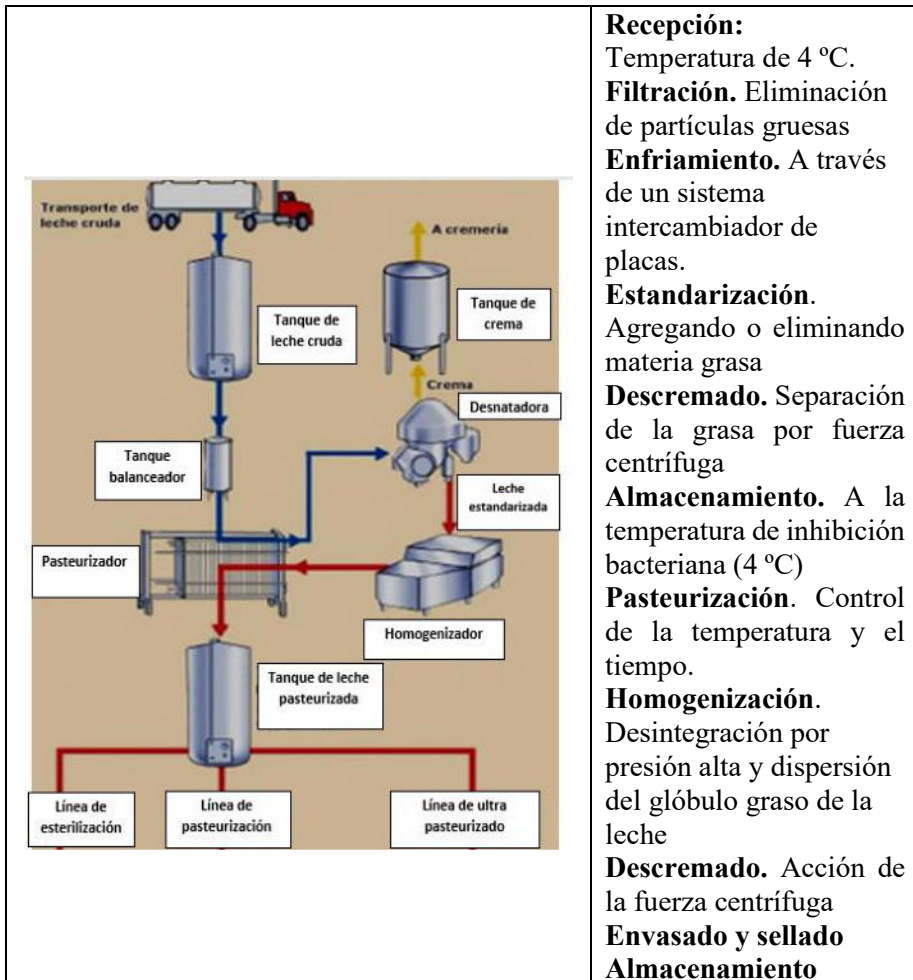


Figura 3.12. Diagrama de proceso de pasteurización de la leche

Fuente: Cabrejos A, (consultado 2025)

3.8.2. Esterilización

La esterilización es un método de tratamiento térmico más intenso que tiene como objetivo eliminar todos los microorganismos, incluidas las esporas bacterianas, para garantizar la conservación a largo plazo. A diferencia de la pasteurización, que solo actúa sobre las bacterias

patógenas, la esterilización proporciona una inactivación microbiana completa. Este proceso se aplica en alimentos enlatados, productos envasados y otros alimentos de larga duración. Además, la esterilización se realiza a temperaturas superiores a 100 °C, por lo general entre 110 °C y 130 °C, durante tiempos que pueden variar según el producto. La verdad es que una de las técnicas más utilizadas es la esterilización en autoclave, que consiste en someter los envases sellados a vapor a presión para alcanzar la esterilidad comercial (Maurya, 2025).

3.8.3. Escaldado

El escaldado es un tratamiento térmico breve que se aplica, sobre todo, a frutas y verduras antes de someterlas a otros procesos, como la congelación o el enlatado. El objetivo del escaldado es inactivar las enzimas que causan el deterioro, reducir la carga microbiana y preservar el color, la textura y el valor nutricional del producto. El escaldado se realiza sumergiendo los alimentos en agua hirviendo o exponiéndolos al vapor durante periodos cortos, generalmente entre 80 °C y 100 °C durante 1 a 5 minutos. (Maurya, 2025).

3.8.4. Deshidratación

Es el proceso de eliminar el contenido de agua de los alimentos para inhibir el crecimiento de los microorganismos e inactivan las enzimas, debido a que funcionan con una actividad de agua específica. La mayoría de los microorganismos crecen con un contenido de agua de 0,95 y no crecen cuando el agua se reduce a 0,88. Este proceso presenta diversas ventajas ya que facilita el transporte, almacenamiento y envasado de los productos alimenticios deshidratados. Sin embargo,

también causa pérdida de aroma y sabor, vitamina C, proteínas, lípidos y tiamina. Los métodos de secado y liofilización conservan frutas, pescado, verduras, café y té (Tali & et al., 2024).

3.9. Conservación por frío

La conservación por refrigeración y congelación ocupa un lugar clave en la industria alimentaria, porque ayuda a reducir la velocidad de las reacciones químicas y enzimáticas, además de frenar el crecimiento de bacterias y levaduras que aceleran el deterioro de los alimentos. A esto se suma la liofilización, que también se considera un método de conservación por frío, ya que combina la congelación del alimento con la eliminación posterior del agua mediante sublimación al vacío. Y es que esta técnica destaca por preservar de forma muy eficiente la calidad sensorial y nutricional, algo especialmente valioso en productos delicados como frutas, café, fórmulas infantiles y nutracéuticos. En conjunto, estas tecnologías se han convertido en pilares fundamentales para asegurar la seguridad, la frescura y la disponibilidad de alimentos en un mercado cada vez más amplio y exigente.

3.9.1. Refrigeración

Es un método de almacenamiento de alimentos a corto plazo, reduce las reacciones fisicoquímicas y prolonga la vida útil de los alimentos frescos. La velocidad de enfriamiento depende de la temperatura inicial de los alimentos, el contenido de agua, la cantidad de alimento y el equipo utilizado. Previene la oxidación de lípidos, el deterioro del color, la autólisis del pescado y la pérdida de humedad. Sin embargo, al mismo tiempo, reduce la textura crujiente de los alimentos y deshidrata los

alimentos. La temperatura de refrigeración esta entre 0°C a 4°C. lo que reduce significativamente la tasa de crecimiento microbiano, las reacciones enzimáticas y prolonga la frescura de productos perecederos como frutas, verduras, productos lácteos y carnes.

3.9.2. Congelación

Es un método antiguo que reduce las reacciones fisicoquímicas y bioquímicas, inhibiendo el crecimiento de microorganismos patógenos. Este método es más recomendado que el enlatado y la deshidratación porque es eficaz para la conservación a largo plazo de los alimentos y reduce las respuestas metabólicas. Con este método, se reduce la actividad del agua y la temperatura a -18 °C, tiene una capacidad eficaz para controlar los patógenos. En los últimos años, la congelación se ha utilizado ampliamente para conservar frutas, verduras y carne. Sin embargo, una congelación y descongelación inadecuadas pueden provocar una degradación de la calidad, como quemaduras por congelación y cambios de textura (Brown & Dave, 2021).

3.9.3. Liofilización

Nowak & Jakubczyk, (2020), presentan características claras sobre este método de deshidratación resaltando que los productos conservan en gran parte sus propiedades organolépticas y el valor nutritivo hasta un 95%. *Freeze-drying*, también conocido como liofilización, es un proceso en el que el agua en forma de hielo a baja presión se elimina de un material por sublimación. Este proceso ha encontrado muchas aplicaciones para la producción de alimentos y productos farmacéuticos de alta calidad, sin embargo, los costos de su aplicación son elevados.

Dentro de la descripción de los autores mencionados se presenta las siguientes etapas:

Etapas del proceso de liofilización

El agua presente en los productos puede ser agua libre o agua ligada a la matriz por diversas fuerzas. El agua libre se congela, pero el agua ligada no. En el proceso de liofilización, es necesario eliminar toda el agua helada y parte del agua ligada. Este es un proceso altamente complejo y de múltiples pasos que consiste en: a) Congelación del producto, generalmente a presión atmosférica. b) Secado primario: liofilización propiamente dicha (sublimación en hielo), generalmente a presión reducida. c) Secado secundario: desorción (secado del producto hasta alcanzar la humedad final requerida) (Garrote, 2022).

Durante las tres etapas del proceso de liofilización (sublimación, secado primario y secado secundario), (Figura 3.13), se distinguen seis fenómenos físicos principales que influyen significativamente en el desarrollo del proceso, la calidad del material obtenido y los costos totales. Estos son:

- La transición de fase del agua contenida en el producto a hielo.
- La transición de fase de hielo a vapor.
- La desorción de moléculas de agua de las estructuras del material.
- La obtención de una presión suficientemente baja.
- La sublimación del vapor de agua extraído del material en la superficie del condensador.

- La eliminación de una capa de hielo de la superficie del condensador.

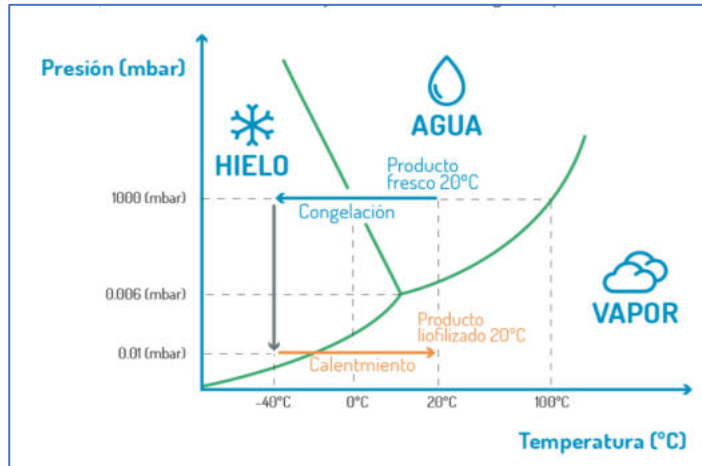


Figura 3.13. Pasos del proceso de liofilización

Fuente: (Garrote, 2022)

Tanto Nowak & Jakubczyk, (2020) y otros autores concuerdan en que la liofilización es uno de los mejores métodos de conservación, por lo tanto, es una excelente opción de utilización en diferentes materias primas, sin embargo, uno de sus inconvenientes es el alto costo, por lo que la industria de alimentos limita su aplicación. Así también, la selección de las condiciones adecuadas para la liofilización debe basarse en las características de la materia prima, como su composición (contenido de agua, presencia de azúcares, proteínas y compuestos bioactivos), el tipo de material (tejido, líquido, semilíquido y gel) y la temperatura de transición vítrea del alimento. Por ejemplo, el control del suministro de calor es necesario para no superar el punto de fusión, lo cual puede provocar la degradación del alimento. Este control garantizará un tiempo de secado más corto y una concentración más

uniforme del agua ligada al final del secado secundario. De esta manera, se logra un producto de alta calidad.

3.10. Métodos químicos

Los métodos químicos de conservación emplean sustancias como aditivos, sales, azúcares, ácidos, antioxidantes o gases, que ayudan a modificar el ambiente fisicoquímico del alimento o a actuar directamente sobre los microorganismos y las reacciones que provocan su deterioro. Además, estas sustancias, ya sean naturales o sintéticas, pueden inhibir bacterias, hongos o levaduras, permitiendo que el producto mantenga por más tiempo sus propiedades sensoriales y nutricionales. La verdad es que su uso exige bastante cuidado, porque su eficacia no depende solo de la sustancia en sí, sino también de la concentración aplicada, del tipo de alimento y de la normativa vigente que busca proteger al consumidor.

3.10.1. Sales y azúcares (deshidratación osmótica y reducción de A_w)

Las sales, como el cloruro de sodio, los nitratos y los nitritos, así como los azúcares, ayudan a conservar los alimentos porque reducen la actividad de agua, creando un ambiente osmótico que dificulta el crecimiento microbiano y, en algunos casos, incluso inactiva ciertas enzimas. Y es que este principio está detrás de métodos clásicos como la salazón de carnes y pescados curados, donde se usa (NaCl) junto con nitrito para prevenir el desarrollo de *Clostridium botulinum*, o de productos como confituras y jaleas, que se conservan gracias a su alta concentración de sacarosa. Además, se trata de un método relativamente

económico y muy utilizado, aunque no está exento de desventajas: puede modificar la textura y el sabor del alimento y, en el caso de los nitritos, existe la preocupación por la posible formación de N-nitrosaminas, compuestos asociados a riesgos para la salud (Khan & et al., 2023).

3.10.2. Ácidos y acidificantes (control de pH)

Los ácidos (ácido acético, cítrico, láctico) y acidificantes reducen el pH del alimento hasta valores que impiden el crecimiento de bacterias alterantes y patógenas. Se utilizan en encurtidos, jugos acidificados y derivados lácteos. La eficacia depende del pH final alcanzado y de la resistencia microbiana siendo una de las técnicas más seguras y difundidas (Lisboa & et al., 2024).

3.10.3. Antioxidantes y quelantes

Los antioxidantes, como el ascorbato, los tocoferoles y, en formulaciones reguladas, compuestos como BHT o BHA, junto con agentes quelantes como el EDTA, ayudan a prevenir la oxidación lipídica y el pardeamiento enzimático, dos procesos que deterioran la calidad del alimento y pueden provocar rancidez o pérdida de vitaminas. Además, un ejemplo muy claro es el uso de vitamina C en frutas cortadas para evitar que se oscurezcan, o de tocoferoles en aceites y productos cárnicos para proteger su estabilidad. La verdad es que, en la actualidad, existe una tendencia cada vez más marcada a reemplazar antioxidantes sintéticos por extractos naturales ricos en polifenoles, buscando opciones más alineadas con las preferencias del consumidor (Maddaloni & et al., 2025).

3.10.4. Conservantes específicos

Presentan moléculas con acción antimicrobiana específica añadidas en niveles regulados para inhibir mohos, levaduras o bacterias. Ejemplos incluyen el uso de sulfitos en frutas secas y vinos, evitan pardeamiento y crecimiento microbiano; sorbato de potasio en quesos y productos horneados, benzoato en bebidas ácidas y nitritos/nitratos, en carnes curadas como agente antibotulínico y desarrollo del color. Estos compuestos son efectivos, pero tiene límites máximos y advertencias por reacciones adversas (alergias, formación de compuestos tóxicos); la formulación requiere cumplimiento regulatorio (Khan & et al., 2023).

3.10.5. Gases y atmósferas (envasado activo y MAP)

La atmósfera modificada, o MAP, utiliza gases como CO₂, N₂ y O₂ para frenar el crecimiento microbiano y retrasar la oxidación, ayudando así a conservar mejor los alimentos. Un ejemplo muy común es el envasado de carnes en atmósferas ricas en CO₂ o el uso de bolsas con absorbedores de oxígeno en snacks. Además, hoy esta tecnología suele combinarse con el envasado activo para prolongar aún más su efecto, incorporando agentes antimicrobianos en los materiales del envase (Lisboa & et al., 2024).

3.11. Métodos biológicos

Los métodos biológicos como la fermentación controlada, uso de microorganismos protectores, bacteriocinas, fagos, enzimas y postbióticos, emplean organismos vivos o sus metabolitos para inhibir patógenos o degradación. La tendencia actual privilegia el uso de

estrategias combinadas que respondan a la demanda de alimentos seguros, sostenibles y con etiquetas limpias (Lisboa & et al., 2024).

3.11.1. Fermentación

La fermentación microbiana es uno de los métodos más importantes para elaborar una gran variedad de alimentos y bebidas. Básicamente, consiste en aprovechar bacterias, levaduras y mohos para transformar los carbohidratos en otras sustancias que modifican el alimento. Y es que este proceso no solo ayuda a conservar productos perecederos, sino que también mejora su sabor y, en muchos casos, su valor nutricional. Entre los microorganismos más utilizados destacan *Saccharomyces cerevisiae*, muy empleado en la fermentación alcohólica, y especies del género *Lactobacillus*, fundamentales en la fermentación de lácteos y vegetales. Los alimentos y bebidas fermentados típicos como yogur, queso, cerveza, vino, sidra y encurtidos de vegetales son ejemplos. Si bien existen riesgos de contaminación y deterioro por microorganismos patógenos, las tecnologías avanzadas y los procedimientos de control adecuados pueden mitigar estos riesgos (Praveen & Brogi, 2025).

La fermentación, es un proceso catabólico, es decir, se rompe una molécula en componentes más simples. Por ejemplo, los productos finales de la degradación de la glucosa (glucólisis) pueden ser ácido láctico ($\text{CH}_3\text{CHCOOH-OH}$) o alcohol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-OH}$), bióxido de carbono (CO_2) y energía química. La fermentación anaerobia, es propia de microorganismos como bacterias y levaduras, puede dividirse en láctica y alcohólica (Figura 3.14)

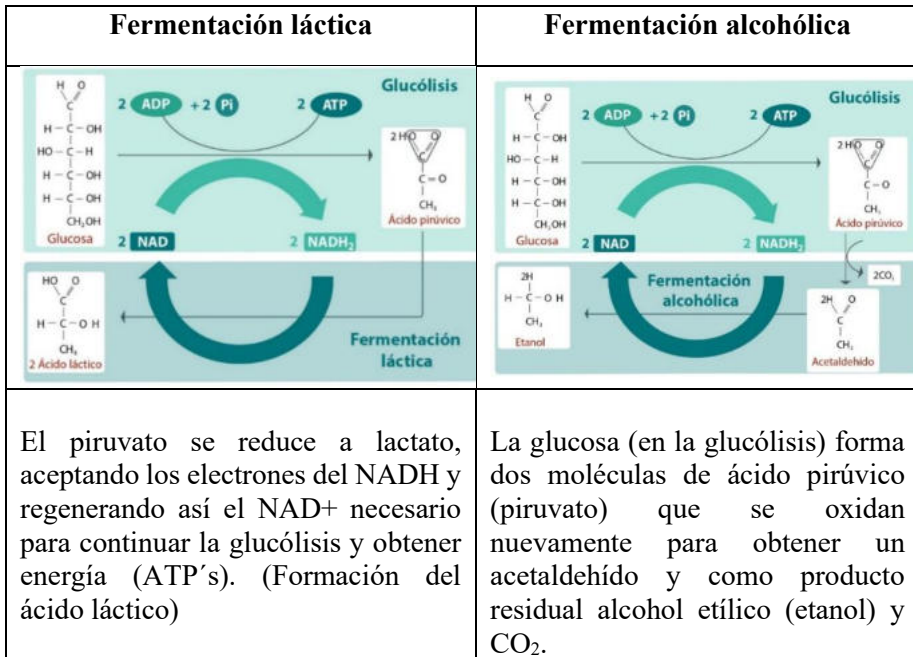


Figura 3.14. Fermentación láctica y alcohólica

Fuente: (Portal Académico CCH, 2017)

Este campo de estudio basado en la conservación biológica se viene desarrollando con aplicaciones exitosas en el campo de la alimentación. Procesos como la fermentación crean un ambiente poco favorable para el desarrollo de patógenos, principalmente por la formación de ácidos y alcoholes. Además, su valor no se limita solo a conservar los alimentos; la verdad es que también les aporta sabores, aromas y texturas muy particulares, que dan vida a productos con un enorme peso cultural y gastronómico, como los quesos, yogures, encurtidos y bebidas fermentadas. Y es que, en este punto, la biotecnología tradicional se encuentra con el conocimiento científico moderno para ofrecer alternativas más sostenibles y valiosas en la conservación de alimentos.

3.11.2. Bacteriocinas y metabolitos de LAB (biopreservativos)

Las bacterias ácido lácticas producen péptidos antimicrobianos (nicina, pediocina) que inhiben bacterias Gram-positivas y son aplicables como aditivos o incorporados como cultivos protectores. Se emplean en quesos y conservas, generalmente en combinación con otras técnicas para aumentar su eficacia (Muthuvelu & et al., 2023).

3.11.3. Bacteriófagos y endolisinas (control específico de patógenos)

Los fagos son virus que atacan de manera específica a ciertas bacterias, lo que los convierte en una herramienta muy interesante para controlar patógenos como *Listeria monocytogenes* o *Salmonella*. Además, ya existen aplicaciones comerciales, por ejemplo, en superficies cárnicas, donde se usan para reforzar la inocuidad del producto. La verdad es que su valor está en esa precisión, porque actúan sobre bacterias concretas sin afectar otros componentes del alimento. A esto se suman las endolisinas, que son enzimas derivadas de los fagos y que están surgiendo como una alternativa prometedora frente a los biofilms microbianos, uno de los desafíos más complejos en el control de la contaminación (Muthuvelu & et al., 2023).

3.11.4. Probióticos y postbióticos

Los probióticos vivos y los postbióticos (sus metabolitos) compiten con patógenos y producen compuestos antimicrobianos. Ejemplos son cultivos protectores en carnes y pescados listos para consumo. Los

postbióticos muestran ventajas en estabilidad y seguridad (K. V. Muhammed Rameez & et al., 2024).

3.11.5. Extractos naturales y fitoactivos

Se trata de extractos vegetales, como aceites esenciales y polifenoles, además de compuestos obtenidos a partir de subproductos, que pueden actuar como antimicrobianos y antioxidantes. Además, encajan tanto en la categoría química, cuando se usan como ingredientes, como en la biológica, sobre todo si proceden de procesos biológicos. Un ejemplo claro es el aceite esencial de orégano, que puede ayudar a controlar levaduras y bacterias en productos hortofrutícolas, o los polifenoles extraídos de cáscaras, que funcionan como antioxidantes en emulsiones. Y es que la tendencia actual va justamente hacia su incorporación en recubrimientos comestibles, envases activos y combinaciones con otras tecnologías, como las bacteriocinas o la HPP, para potenciar su efecto de conservación (Maddaloni & et al., 2025).

Este tipo de conservantes son sustancias derivadas de fuentes naturales (tabla 3.7), que ayudan a prolongar la vida útil de los alimentos al prevenir el deterioro causado por el crecimiento microbiano, la oxidación y la actividad enzimática. Ante la creciente preocupación de los consumidores por los riesgos para la salud asociados a los conservantes sintéticos, existe un creciente interés en las alternativas naturales.

Tabla 3.7. Conservantes naturales

| Conservante | Fuente | Mecanismo | Aplicaciones | Ventajas | Desafíos | Vida útil |
|---------------------------------|---|--|--|--|--|---|
| Extractos de plantas | aceites esenciales, compuestos fenólicos, flavonoides | Acción antimicrobiana y antioxidante (p. ej., altera las membranas celulares, inhibe enzimas). | Carnes, lácteos, frutas, verduras y bebidas. | Natural, multifuncional, fácil de usar, eficaz en bajas concentraciones. | Sabor intenso, eficacia variable según las condiciones. | Prolonga la vida útil de 3 a 14 días para frutas y verduras, y hasta 7 días para carnes y lácteos. |
| Conservantes microbianos | Bacterias ácido lácticas (BAL) | Producción de sustancias antimicrobianas (p. ej., ácidos orgánicos, péptidos) durante la fermentación. | Lácteos, carnes, panadería y bebidas. | Natural, de etiqueta limpia, multifuncional. | Depende de cepas y condiciones microbianas específicas. | Prolonga la vida útil de 1 a 4 semanas para productos lácteos y de 7 a 14 días para carnes y productos horneados. |
| Conservantes enzimáticos | Enzimas como la lisozima y la lactoperoxidasa. | Modifican los componentes utilizados por organismos causantes de descomposición (p. ej., hidrólisis de la pared celular, oxidación). | Lácteos, carnes, bebidas y panadería. | Naturales, eficaces en bajas concentraciones | Su potencial alergénico y su estabilidad dependen del pH y la temperatura. | Prolongan la vida útil de 7 a 14 días para lácteos y bebidas, y hasta 10 días para carnes y productos de panadería. |

Fuente: Lisboa & et al., (2024)

3.12. Estrategias combinadas (hurdle technology)

El enfoque “*hurdle*” combina dos o más barreras (por ejemplo, reducción de pH + baja A_w + bacteriocina + MAP) para impedir la supervivencia de microorganismos resistentes sin emplear altas dosis de un solo agente. Un ejemplo es Salmuera ligeramente ácida, almacenamiento a baja temperatura y adición de cultivo protector para productos listos para el consumo (RTE). Permite menores concentraciones de aditivos, mejor conservación sensorial, y mayor seguridad (Lisboa & et al., 2024).

Los métodos químicos y biológicos de conservación representan estrategias que, más que competir entre sí, se complementan dentro de la industria alimentaria. Mientras los métodos químicos ofrecen una eficacia ya comprobada y ampliamente utilizada, los biológicos responden, además, a una demanda cada vez mayor de alternativas más naturales. Y es que la combinación de ambos, bajo el enfoque de barreras múltiples, aparece como una de las opciones más sólidas y prometedoras para garantizar alimentos seguros, sostenibles y de alta calidad.

3.13. Tecnologías emergentes no térmicas: Innovación y sostenibilidad

Las tecnologías emergentes no térmicas representan un avance muy importante para la industria alimentaria, porque combinan innovación tecnológica con una mirada cada vez más necesaria hacia la sostenibilidad ambiental y energética. Y es que, en un contexto donde cuidar el ambiente ya no es opcional, la industria se ve frente al desafío

de incorporar técnicas de conservación más innovadoras, eficaces y respetuosas con el entorno, sin dejar de lado la seguridad alimentaria y la salud pública (Lisboa & et al., 2024).

Además, cuando se habla de conservación sostenible, no se trata solo de preservar mejor los alimentos, sino de hacerlo reduciendo el impacto ambiental y manteniendo, o incluso mejorando, su calidad e inocuidad. En este panorama, tecnologías como el plasma frío y la luz pulsada han comenzado a ganar relevancia, precisamente porque ofrecen alternativas prometedoras frente a los métodos convencionales. La verdad es que también se suma una tendencia muy clara hacia el uso de conservantes naturales y soluciones de envasado más modernas, como los materiales biodegradables o el envasado en atmósfera modificada, que ayudan a disminuir la dependencia de compuestos sintéticos y fortalecen el enfoque sostenible del sector (Lisboa & et al., 2024). En este sentido, la Tabla 3.8 permite tener una visión más amplia de estas tecnologías innovadoras de conservación.

3.13.1. Plasma frío

Mecanismo: Utiliza gas ionizado para generar especies reactivas, como radicales y fotones UV, que dañan las células microbianas e impiden su desarrollo.

3.13.2. Tecnología de luz pulsada

Mecanismo: Consiste en aplicar pulsos intensos y muy breves de luz UV que dañan el ADN microbiano y afectan sus estructuras celulares, dificultando así su supervivencia.

3.13.3. Alta presión hidrostática (HPP)

Mecanismo: Consiste en aplicar alta presión para inactivar microorganismos y enzimas, sin recurrir a un calentamiento significativo del alimento.

3.13.4. Radiación ultravioleta (UV)

Mecanismo: Utiliza luz UV-C para dañar el ADN de los microorganismos e impedir que se reproduzcan.

3.13.5. Tratamiento con ozono

Mecanismo: Las propiedades oxidativas del ozono dañan los componentes celulares de los microorganismos, dificultando su supervivencia.

3.13.6. Campos eléctricos pulsados (PEF)

Mecanismo: Breves ráfagas de alto voltaje alteran las membranas celulares microbianas

Tabla 3.8. Resumen de técnicas innovadoras de conservación

| Tecnología | Aplicaciones | Ventajas | Desafíos | Extensión de la vida útil |
|---|--|---|--|--|
| El plasma frío | Se utiliza para productos frescos, carnes, aves y lácteos. | Sin residuos químicos, apto para alimentos sensibles al calor, no compromete cualidades nutricionales y sensoriales | Alto costo del equipo y desafíos regulatorios. | Extiende la vida útil de 3 a 10 días para productos frescos y carnes. |
| Tecnología de Luz Pulsada. | Productos frescos, lácteos, carnes y aves. | Proceso rápido, sin daño por calor, conserva las cualidades sensoriales. | Limitado a la descontaminación de superficies | Extiende la vida útil de 1 a 7 días para frutas y verduras, 2 semanas para productos lácteos. |
| Alta Presión hidrostática (HPP). | Jugos, lácteos, frutas, verduras y carnes. | Conserva las propiedades nutricionales sensoriales y prolonga la vida útil. | Alto consumo de energía, no apto para todo tipo de alimentos, equipo costoso. | Prolonga la vida útil hasta 3 meses para jugos y lácteos, y de 2 a 4 semanas para productos frescos. |
| Radiación ultravioleta (UV) | Agua, jugos, productos frescos, carne, lácteos. | No térmica, conserva las cualidades nutricionales y sensoriales, es rentable. | Penetración limitada, potencial degradación de nutrientes, requiere control minucioso. | Prolonga la vida útil de 2 a 7 días para productos frescos y jugos, y de 7 a 14 días para carne y lácteos. |

| | | | | |
|--|--|--|---|---|
| Tratamiento con ozono | Frutas, verduras, lácteos y cereales. | Sin residuos químicos, eficaz contra diversos microorganismos y ecológico. | Potencial alteración en la calidad de alimentos en alta concentración requiere optimización | Prolonga la vida útil de 7 a 14 días para frutas y verduras, y hasta 30 días para cereales y lácteos. |
| Campos Eléctricos Pulsados (PEF) (electroporación). | Jugos, leche, ovo-productos líquidos, semi-líquidos. | No térmico, conservación de nutrientes sensibles al calor, procesamiento rápido. | Alto costo del equipo, variable según el tipo de alimento, posible sabor desagradable. | Extiende la vida útil de 2 a 4 semanas para jugos y hasta 1 mes para huevos líquidos y lácteos. |

Fuente: Lisboa & et al., (2024)

3.13.7. Irradiación

En la Industria Alimentaria, el término de “irradiación” se utiliza para referirse a tratamientos en los que los alimentos se exponen a la acción de radiaciones ionizantes durante un cierto tiempo. En el sistema internacional, la dosis absorbida se mide en gray (Gy), siendo este equivalente a la absorción de un julio por kilogramo de masa tratada. Los tipos de fuentes de radiación ionizante apropiados para la irradiación de alimentos son: radiación gama, rayos X y electrones acelerados. Los tratamientos pueden clasificarse de acuerdo a la OMS según la dosis absorbida (Tabla 3.9), citado por Herrero & Romero de Avila, (2006).

Tabla 3.9. Tratamientos de irradiación y aplicaciones según la OMS

| Dosis media absorbida | Aplicación |
|---------------------------------------|--|
| Dosis baja (hasta 1 kGy) | <ul style="list-style-type: none">• Retarda procesos biológicos (maduración y senescencia) de frutas frescas y hortalizas,• Elimina insectos y parásitos en diversos alimentos; |
| Dosis media (hasta 10 kGy) | <ul style="list-style-type: none">• Reduce los microorganismos patógenos y alterantes de diferentes alimentos• Mejora las propiedades tecnológicas de los alimentos |
| Dosis alta (superior a 10 kGy) | <ul style="list-style-type: none">• Esterilización comercial (generalmente en combinación con tratamientos térmicos suaves) para diversos alimentos• Casos especiales (por ejemplo, dietas hospitalarias y alimentos para astronautas, etc.). |

Fuente: Herrero & Romero de Ávila (2006)

Este tipo de tratamientos puede producir: un “efecto primario”, derivado de la ruptura y pérdida de estabilidad de los átomos y/o moléculas, que conduce a la formación de iones y radicales libres y un “efecto secundario” derivado de la combinación y dimerización de los iones y radicales libres formados para dar lugar a nuevas moléculas o compuestos. El efecto conjunto (primario más secundario) se denomina “radiolisis” y a los nuevos compuestos resultantes, “productos radiolíticos”. En diversas investigaciones se ha puesto en evidencia que cuando la dosis absorbida es \leq a 10 kGy la formación de compuestos radiolíticos no supone riesgo para la salud. La radiolisis produce alteraciones del DNA y formación de radicales a partir de las moléculas de agua con elevado potencial reductor y oxidante. Estos dos hechos son fundamentales para explicar el efecto conservador de este tratamiento y la afectación sensorial del alimento. Las instalaciones están sujetas a las mismas normas de seguridad en el caso de radiaciones ionizantes. El lugar de tratamiento estará construido con material de elevada densidad, que asegure el blindaje de la estructura y el aislamiento del entorno (Herrero & Romero de Avila, 2006).

3.13.8. Microencapsulación de compuestos bioactivos

En la actualidad, uno de los métodos más utilizados para la conservación de las propiedades fisicoquímicas es la microencapsulación asistida por la técnica de secado por aspersión. Muchos alimentos, como jugos, zumos de frutas y vegetales, fácilmente pierden su actividad biológica por oxidación, cuando se exponen al ambiente. Esto sugiere la necesidad de aplicar técnicas que impidan esta degradación o reducir los efectos del envejecimiento de las células. La actividad biológica de estos

compuestos es de muy corto plazo, debido a la rápida oxidación en condiciones ambientales y a la degradación durante el procesamiento, sucediendo una pérdida total o parcial de los alimentos, ocasionando pérdida de propiedades funcionales y limitando su aplicación para productos de consumo humano. La microencapsulación es un proceso mediante la cual ciertas sustancias químicas, sustancias biológicamente activas (sabores, vitaminas o aceites esenciales) y otro tipo de sustancias, son introducidas en una matriz de biopolímeros (proteína y/o polisacáridos) con el objetivo de impedir su pérdida (Figura 3.15), para protegerlos de la reacción con otras sustancias del ambiente o para imposibilitar que sufran reacciones de oxidación debido a la luz o la presencia de oxígeno. Las sustancias microencapsuladas con el compuesto bioactivo de interés tienen la ventaja de liberarse gradualmente de la matriz o pared que lo tiene atrapado. Y desde luego, se obtienen productos farmacológicos y productos alimenticios con mejores características sensoriales y nutricionales (Castañeta & at al., 2011).

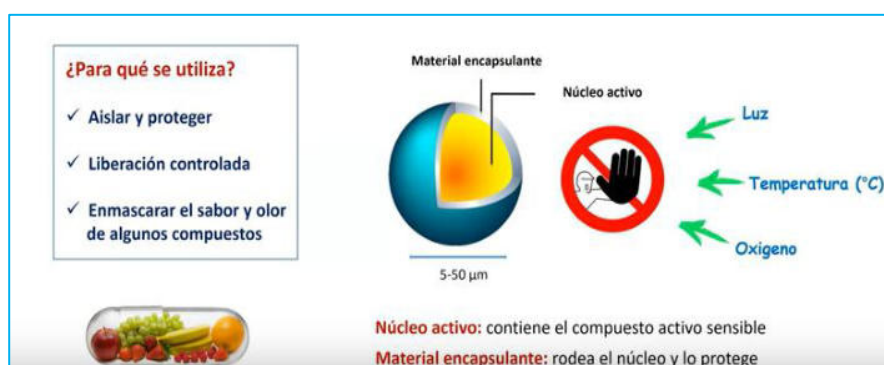


Figura 3.15. Proceso de microencapsulación

Fuente: Burgos, (2023)

Por lo tanto, la microencapsulación aumenta el valor nutricional de los alimentos. Por ejemplo, puede incrementar la estabilidad de los probióticos en un 80% durante el almacenamiento, garantizando que lleguen al intestino en condiciones óptimas, siendo esencial para crear alimentos más funcionales y saludables, mejorando tanto la calidad como la seguridad de los productos. En la Figura 3.16, se observan las ventajas de la encapsulación y en la Figura 3.17 ejemplos de sistemas de encapsulación

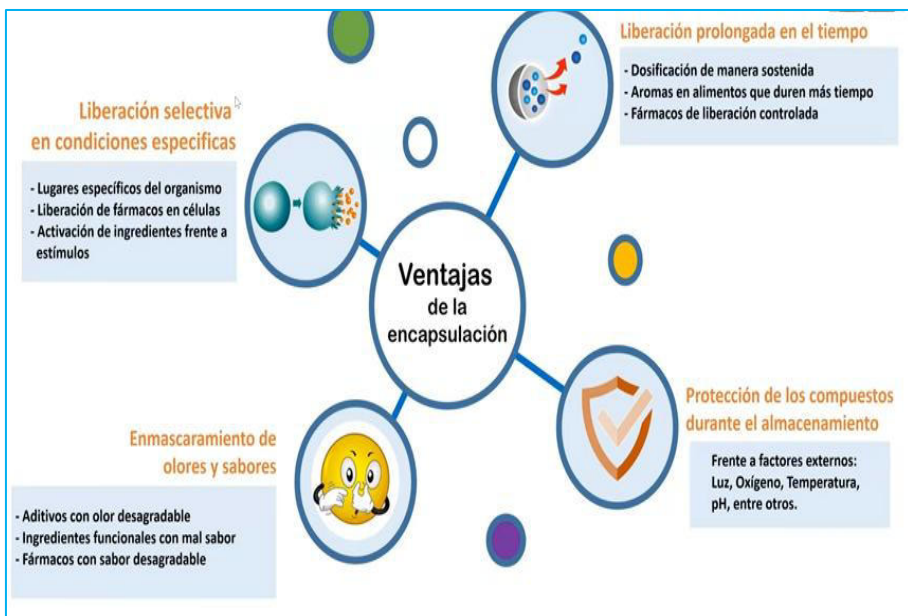


Figura 3.16. Ventajas de la encapsulación

Fuente: Burgos, (2023)

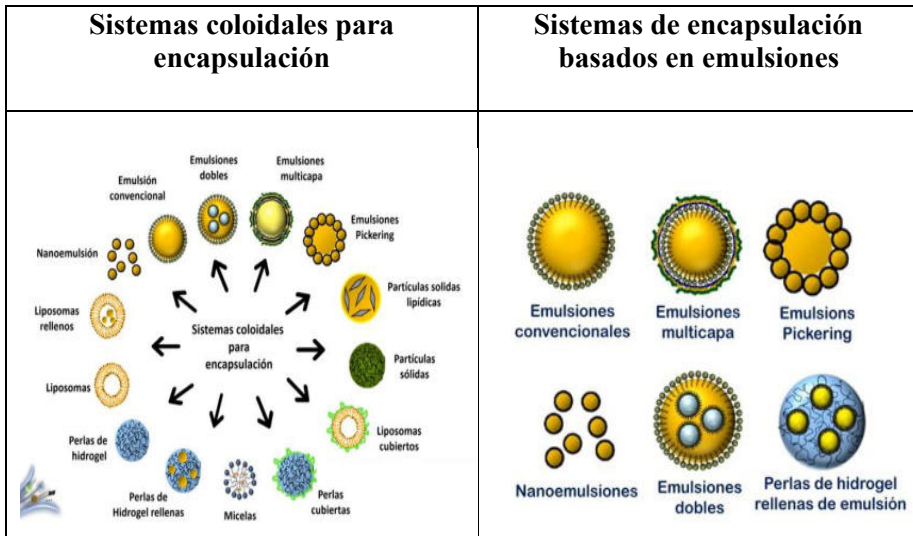


Figura 3.17. Tipos de sistemas de encapsulación

Fuente: Burgos , (2023)

En conclusión, la microencapsulación no solo mejora la calidad y estabilidad de los alimentos, sino que también abre nuevas oportunidades en la innovación de productos alimentarios, fortaleciendo la relación entre ciencia, tecnología y nutrición en el marco de una industria orientada hacia la sostenibilidad y la salud

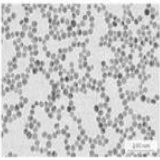
3.13.9. Nanotecnología aplicada a la ciencia y tecnología de alimentos

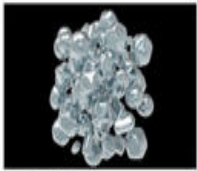


La integración de la nanotecnología en la conservación de alimentos ofrece soluciones innovadoras que no solo mejoran la seguridad y la calidad de los alimentos, sino que también contribuyen a la sostenibilidad del procesamiento de alimentos. Las nanopartículas (NP) son cada vez más reconocidas por su potencial para reducir el impacto


ambiental asociado con los métodos tradicionales de conservación, minimizar el desperdicio de alimentos y apoyar la transición hacia sistemas alimentarios más sostenibles (Lisboa & et al., 2024).

Las nanopartículas, gracias a su alta relación superficie-volumen y a su mayor reactividad, se perfilan como una alternativa muy eficiente frente a métodos de conservación más tradicionales, que a menudo requieren más energía o una mayor cantidad de aditivos químicos. Además, su aplicación en la conservación de alimentos abre la puerta a prácticas más sostenibles, ya que puede ayudar a reducir el consumo de recursos, disminuir el uso de compuestos sintéticos y prolongar la vida útil de los productos. Y es que, al conservar mejor los alimentos, también se contribuye a reducir el desperdicio, algo cada vez más importante. En este contexto, la Tabla 3.10 presenta de forma más detallada los efectos de las nanopartículas en la conservación de alimentos (Lisboa & et al., 2024).

Tabla 3.10. Efectos de las nanopartículas en la conservación de alimentos

| Nanopartículas de plata (AgNP) | |
|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none">• Se utilizan en la conservación de alimentos por sus potentes propiedades antimicrobianas contra un amplio espectro de microorganismos, como bacterias, hongos y virus.• Al incorporar AgNP en los materiales de envasado, se puede inhibir el crecimiento microbiano en las superficies de los alimentos, prolongando su vida útil.• Reduce la necesidad de conservantes químicos sintéticos que pueden tener efectos ambientales adversos |

| Nanopartículas de óxido de zinc (NPZnO) | |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Ofrecen beneficios adicionales en la conservación gracias a sus propiedades de bloqueo de rayos UV y su capacidad para proporcionar protección antimicrobiana. • Son eficaces en aplicaciones de envasado, reduciendo la degradación de nutrientes y cualidades sensoriales |
| Nanopartículas de dióxido de titanio (NP de TiO₂) | |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Se utilizan en el envasado de alimentos por sus propiedades fotocatalíticas, ya que pueden degradar contaminantes orgánicos e inhibir el crecimiento microbiano cuando se exponen a la luz ultravioleta. • Capacidad de autolimpieza resulta muy valiosa, porque ayuda a reducir la necesidad de usar tantos agentes químicos de limpieza y conservantes, favoreciendo un entorno de procesamiento más limpio y sostenible. • El uso de nanopartículas de TiO₂ también encaja con los principios de la economía circular, al impulsar materiales que contribuyen activamente a mejorar la seguridad del producto y a prolongar su vida útil. |
| Nanopartículas de quitosano | |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Derivadas de recursos renovables como las conchas de mariscos, ejemplifican la intersección de la nanotecnología y los materiales de origen biológico en la conservación sostenible de alimentos. • Poseen propiedades antimicrobianas naturales y pueden formar películas y recubrimientos biodegradables que actúan como barreras contra la humedad y los gases • La naturaleza biodegradable de las nanopartículas de quitosano reduce los residuos plásticos y la contaminación ambiental, contribuyendo a soluciones de envasado más sostenibles. |

| Nanopartículas lipídicas | |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Las nano emulsiones y los liposomas, se utilizan para encapsular conservantes naturales como aceites esenciales y antioxidantes. • Estas nanopartículas mejoran la estabilidad y la liberación controlada de compuestos activos, ofreciendo efectos antimicrobianos específicos y protegiendo los alimentos de la oxidación. • Reducen la necesidad de aditivos sintéticos, lo que impulsa la demanda de etiquetas más limpias y productos alimenticios más naturales |

Fuente: Elaboración propia con base en (Lisboa & et al., 2024).

Luego del estudio de los distintos métodos de conservación de alimentos, es importante considerar que cada técnica responde a la necesidad de prolongar la vida útil y garantizar la inocuidad de los productos. Sin embargo, su elección depende de un equilibrio entre eficacia tecnológica, calidad nutricional y sostenibilidad. Es así como los tratamientos térmicos han demostrado ser pilares tradicionales, aunque limitados debido a la pérdida de nutrientes; si se menciona a la conservación por frío, sigue siendo una de las más seguras y reconocidas, aunque con alto costo energético; los métodos químicos y biológicos ofrecen ventajas específicas, pero requieren control riguroso por sus riesgos asociados. Por otra parte, la tecnología de obstáculos y las estrategias emergentes no térmicas reflejan una tendencia hacia procesos más integrados, innovadores y sostenibles, capaces de responder a la demanda del consumidor actual. Es así, que el reto de la conservación alimentaria radica en aplicar métodos que no solo garanticen inocuidad, sino que también preserven las propiedades sensoriales, reduzcan el impacto ambiental y fortalezcan la

competitividad de la industria alimentaria en el marco de la innovación tecnológica.

CAPÍTULO IV

FUNDAMENTO CIENTÍFICO Y TECNOLOGÍA DE MATERIAS ALIMENTARIAS

4.1. Introducción

La industria de alimentos se apoya, en gran medida, en una buena selección, caracterización y transformación de las materias primas, porque de ellas depende buena parte de la calidad, la inocuidad y el valor nutricional del producto final. Además, comprender sus propiedades físicas, químicas, biológicas y funcionales permite definir con mayor precisión los parámetros tecnológicos más adecuados para su procesamiento y conservación, logrando así productos con mayor valor agregado, una vida útil más prolongada y mejor adaptados a lo que hoy busca el consumidor.

En este camino, la tecnología cumple un papel decisivo. Y es que procesos como la pasteurización, la fermentación, la extrusión, el enlatado, la refrigeración o la congelación no solo ayudan a preservar los atributos de los alimentos, sino que también abren la puerta a nuevas alternativas más seguras, innovadoras y alineadas con las exigencias actuales de calidad, inocuidad y sostenibilidad.

Considerando estos aspectos, este capítulo aborda las características y tecnología aplicada a las principales materias primas de la industria alimentaria, considerando particularidades, procesos tecnológicos y la

importancia de su adecuado manejo en el desarrollo de productos alimenticios seguros, nutritivos y competitivos en el mercado.

4.2. Tecnología de la carne: Ciencia y aplicaciones industriales

El Codex Alimentarius define la carne como “*todas las partes de un animal que han sido dictaminadas como inocuas y aptas para el consumo humano o se destinan para este fin*”³. También se incluye aparte del músculo la sangre, grasa, vísceras, huesos, etc., que se utilizan para la elaboración de subproductos dentro de la industria cárnica.

4.2.1. Valor nutricional y características funcionales

Son muchos los factores asociados a las características particulares de la carne, entre ellos la especie, la raza, la alimentación, la edad de sacrificio, el tratamiento tecnológico.

Con respecto a la composición química, la carne y los productos cárnicos son alimentos densos en nutrientes aportan proteína de alto valor biológico pues presenta todos los aminoácidos esenciales; grasa formada por ácidos grasos saturados y mono/ poliinsaturados según especie y corte. La composición de ácidos grasos determina propiedades tecnológicas (punto de fusión, jugosidad, sensación en boca) y nutricionales (presencia de omega-3 en animales alimentados con pasto). La carne es una fuente principal de vitamina B12, hierro, zinc, fósforo y selenio. Por su valor nutricional y funcional, la carne ocupa un rol clave tanto en la nutrición como en cadenas industriales que fraccionan y procesan la materia prima para obtener productos con vida útil y calidad organoléptica controladas (Stadnik, 2024) .

4.2.2. Propiedades físico-químicas de las proteínas musculares

La clave para la calidad de la carne lo constituye la estructura muscular compuesta por fibras, tejido conjuntivo y grasa (Figura 4.1). Las cualidades de la carne (textura, color y sabor) dependen en gran medida de la distribución y proporción relativa de estos tejidos (Araneda, 2024).

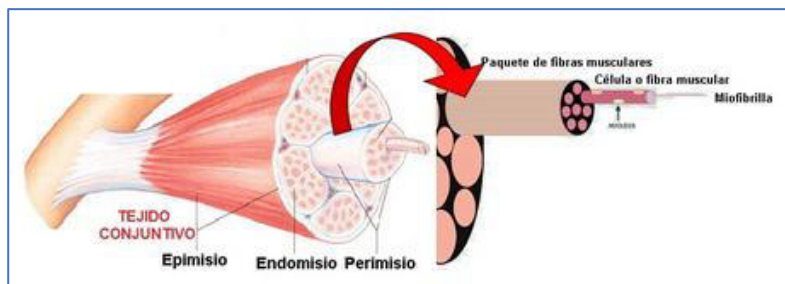


Figura 4.1. Estructura del músculo

Fuente: Araneda M, (2025)

Además, las proteínas musculares son importantes dentro del procesamiento de la carne por sus características funcionales. (Durán Ramírez, 2007), presenta la siguiente clasificación:

Miofibrilares, (actina, miosina, troponina y tropomiosina), que son las de mejor funcionalidad cárnica, dada su capacidad ligante por retener agua y emulsionar grasa, siendo especialmente recomendadas para la elaboración de emulsiones cárnicas (salchichas, mortadelas y pates) y de especialidades cárnicas como jamones, a los que se les incorpora altos niveles de agua (30 al 50%) en promedio.

Sarcoplasmáticas o globulares, (hemoglobina, mioglobina, citocromos y flavoproteínas), que cumplen con la función de transportar el oxígeno. La mioglobina responsable directa del color del músculo.

Proteínas del tejido conectivo, (colágeno, elastina y reticulina), con la capacidad de gelificarse cuando son tratadas a temperaturas superiores a los 55°C.

4.2.3. Etapas primarias en la obtención de la carne

La carne es un producto perecedero que debe ser obtenido bajo estrictas condiciones de calidad higiénica pues tiene un impacto directo en la seguridad alimentaria y satisfacción del cliente, su cumplimiento es esencial para el éxito de la industria.

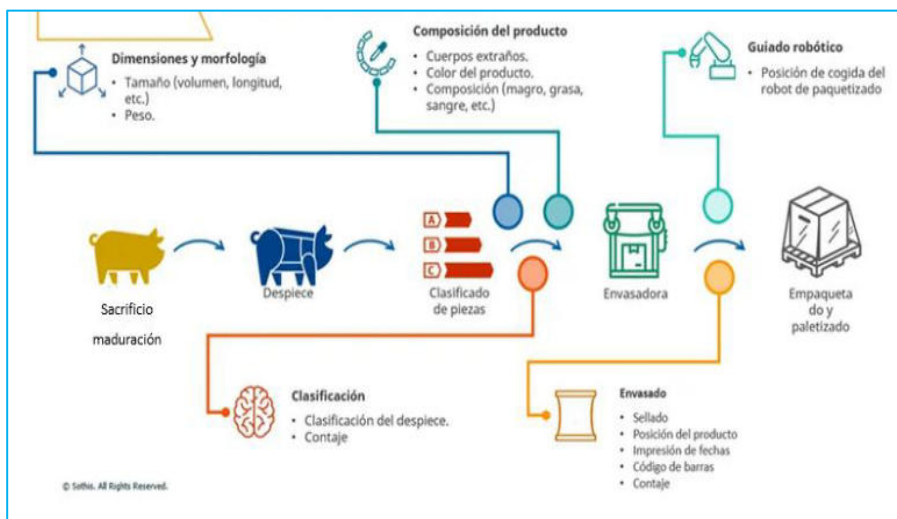


Figura 4.2. Proceso de elaboración cárnica

Fuente: Sothis, (2025)

Es así, que el proceso de producción de piezas de carne incluye diferentes etapas que cumplen con ciertos estándares de calidad. Básicamente se resumen en las siguientes: Se inicia con el sacrificio y luego la maduración en instalaciones especializadas y certificadas. Después se realiza el despiece de la carne, que consiste en separar la carne en diferentes partes o cortes y finalmente la clasificación de piezas según calidad, tamaño y peso (Figura 4.2) (Sothis, 2025).

Proceso de maduración. Fundamentalmente la carne está constituida por la parte muscular de los animales de abasto. Después del sacrificio, la porción muscular (constituida mayormente por fibras musculares, colágeno y grasa) sufre una serie de cambios que conducen a la transformación y maduración del músculo en carne (Figura 4.3).

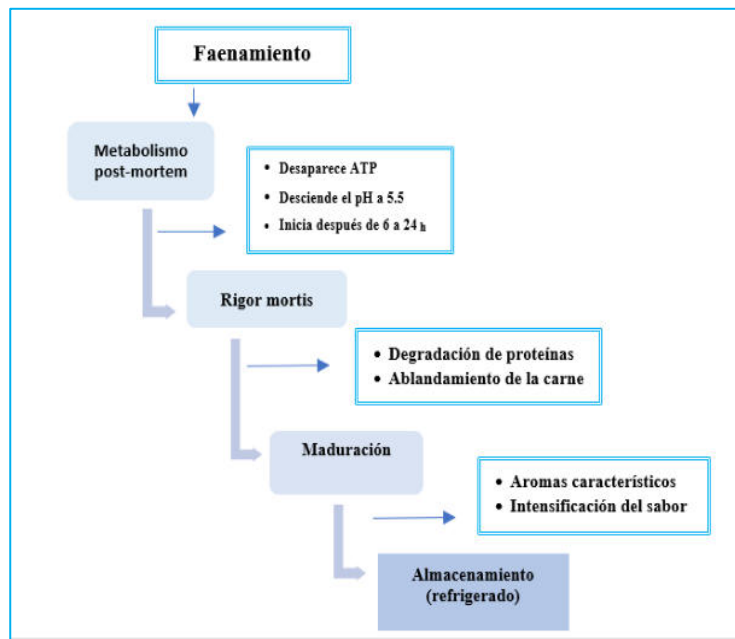


Figura 4.3. Etapas del proceso de maduración de la carne

Fuente: Elaboración propia

La maduración de la carne es una etapa clave que ocurre después del sacrificio y el faenamiento. Y es que, durante ese tiempo, se activan una serie de procesos bioquímicos complejos en el tejido muscular que permiten la transformación del músculo en carne, influyendo de manera directa en aspectos tan importantes como la ternura, la jugosidad, el aroma y el sabor del producto final.

Este proceso, también conocido como maduración post mortem, involucra la acción de enzimas propias del tejido sobre las proteínas miofibrilares y del citoesqueleto, provocando cambios estructurales que mejoran de forma notable las características sensoriales y tecnológicas de la carne.

4.2.4. Procesos de conservación y transformación

Durante mucho tiempo, los métodos tradicionales de conservación y procesamiento de carne, como el curado, el ahumado y el uso de conservantes sintéticos, han sido la base de la industria. Y es que estas técnicas han permitido garantizar la inocuidad, prolongar la vida útil y, además, aportar sabores muy característicos a los productos cárnicos. Sin embargo, la verdad es que también traen consigo desventajas importantes.

El uso de conservantes químicos, por ejemplo, no solo genera preocupación por los posibles riesgos para la salud, como una mayor exposición a compuestos cancerígenos o alérgenos, sino que también se relaciona con problemas ambientales nada menores. Muchos de estos métodos demandan un alto consumo de energía, lo que incrementa las

emisiones de gases de efecto invernadero y genera una cantidad considerable de residuos. Todo esto termina aportando al cambio climático y al deterioro ambiental, y deja bastante claro que es necesario avanzar hacia opciones más sostenibles (El-tahlawy, 2025)

En este escenario, cada vez cobra más fuerza la búsqueda de alternativas más innovadoras y responsables, como nuevas tecnologías de procesamiento, métodos más amigables con el medio ambiente e incluso el desarrollo de carne cultivada. Además, el panorama actual de la industria cárnica está dando paso a técnicas modernas basadas en automatización y tecnología inteligente, con un enfoque mucho más claro en reducir residuos, mejorar la eficiencia energética y promover prácticas sostenibles. Y es que el reto ya no es solo procesar carne de manera segura, sino hacerlo también con una visión más consciente y preparada para el futuro.



De cara al futuro, la evaluación ofrece un vistazo a cómo los avances biotecnológicos y los usos de la nanotecnología se combinarán para transformar la producción de carne. La integración de la biotecnología de precisión, las preocupaciones éticas y la sostenibilidad marca el comienzo de una nueva era de producción alimentaria responsable y creativa, posicionando al sector del procesamiento de carne como un *wayfinder* en la atención a las necesidades del consumidor (Suychinov & et al., 2025).



4.2.5. Productos cárnicos: Materias primas, aditivos, especias y condimentos

Son los productos elaborados a base de carnes, (res, pollo, cerdo), grasa e ingredientes de origen vegetal como condimentos, especias y aditivos autorizados.

En la Tabla 4.1 se describe los principales ingredientes utilizados en la elaboración de productos cárnicos.

Tabla 4.1. Ingredientes de productos cárnicos

| | |
|--|--|
| <p>Materias primas</p>  | <p>Carne: De diferentes especies y apariencia óptima Grasa: de cerdo por sus características de sabor y aroma Envolturas: Naturales (tripas) y sintéticas (colágeno y fibras plásticas) Agua: O hielo, un ingrediente que permite dar suavidad y jugosidad a los productos cárnicos, Sus funciones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disolver la sal y los demás ingredientes adicionados; • Como hielo estabiliza la emulsión cárnica, porque mantiene la temperatura durante el mezclado. |
| <p>Aditivos</p>  | <p>En cantidad mínima y controlada, modifican color, olor, sabor y textura. Nitritos y nitratos: Acción conservante, mantiene el color típico del curado de la carne. Ácido ascórbico, o su sal (ascorbato sódico), impide la oxidación y ayuda a la preservación del color rojo característico de la carne curada</p> |

| | |
|---|---|
| <p style="text-align: center;">Espicias</p>  | <p>Productos de origen vegetal en especial semillas, cortezas y hojas que se emplean para acentuar o mejorar el sabor, aroma y sazón. Las especias que se utilizan son: pimentón, pimienta, clavo de olor, nuez moscada, anís, comino, ajo, canela, cebolla y algunas hierbas aromatizantes como la mejorana, el orégano, el laurel y el tomillo</p> |
| <p style="text-align: center;">Condimentos</p>  | <p>Ingredientes para realzar el sabor La sal: Influye en el sabor y en los procesos físico-químicos y microbianos de maduración de la carne, además al provocar disminución de la Aw, inhibe el desarrollo de ciertos microorganismos El azúcar: Corrige y mejora el sabor. En productos que requieren maduración provoca la fermentación y acidificación de la carne a niveles de pH entre 5,4 y 5,8 favoreciendo el desarrollo de fenómenos bioquímicos y en especial de los microorganismos anaerobios que se encargan de desarrollar el aroma y gusto de un producto madurado</p> |





Fuente: Herrera, (2014).

4.2.6. Tecnología de productos cárnicos

Bajo la denominación de productos cárnicos, se incluye la mezcla de carne magra, grasa, condimentos y aditivos de uso permitido, sometidos a diferentes tratamientos de elaboración. Los productos cárnicos se agrupan en dos formas de presentación: embutidos, en los cuales la mezcla de ingredientes cárnicos y aditivos se enfundan en empaques naturales o sintéticos, como por ejemplo la salchicha, mortadela, morcilla, chorizo, etc.; y las especialidades cárnicas como los jamones, costilla, chuleta ahumada (Durán Ramírez, 2007).

Los productos cárnicos pueden ser: crudos con un tratamiento térmico de 30 ° C, ejemplo, el chorizo; los escaldados, emulsiones cárnicas (salchichas, mortadela), con tratamiento térmico de 70 ° C; los enlatados, que se someten a tratamientos térmicos entre 115 y 130 ° C. En la Tabla 4.2 se presentan algunos ejemplos y características de estos productos.

Tabla 4.2. Clasificación de los productos cárnicos

| Productos cárnicos frescos | | |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Elaborados en base a carnes, grasas, con o sin despojos, adicionados de condimentos, especias y aditivos autorizados. • No son sometidos a cocción, salazón ni desecación |  |  |
| Embutidos crudos curados | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Elaborados en base a carnes, grasas, con o sin despojos, adicionados de condimentos, especias y aditivos autorizados. • Sometidos a maduración y desecación (curado), y opcionalmente ahumado. Chorizo, salchichón, salami | <p>Salami</p>  | |
| Salazones cárnicas | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Elaborados en base a carnes y productos de despiece no picados. • Sometidos a la acción de la sal común y otros ingredientes autorizados. | <p>Jamones curados</p>  | |
| Productos tratados por el calor | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Elaborados en base a carnes o despojos, grasas, adicionados de condimentos, especias y aditivos autorizados. | Mortadela | Salchichas |

| | | |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Son sometidos a tratamiento térmico. Mortadela, salchichas cocidas (vienesas), paté |  |  |
|---|---|--|

Fuente: Araneda M, (2025)

4.3. Leche y productos lácteos: Fundamentos científicos y tecnológicos

La leche constituye uno de los alimentos más completos y versátiles de la dieta, no solo por su aporte de nutrientes esenciales como proteínas de alto valor biológico, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales, sino también por ser la base de una amplia gama de productos lácteos que forman parte fundamental de la alimentación. Su composición química, propiedades físicas, reacciones químicas y bioquímicas que en ella ocurren, la convierten en la base de la tecnología de alimentos aplicada a los productos lácteos. La leche, se ha definido como el producto de la secreción de las glándulas mamarias de las hembras en los animales mamíferos, destinada a la alimentación de la cría; en la industria la leche cumple con características fisiológicas y bacteriológicas que la legislación de cada país establece (Durán Ramírez, 2007).

4.3.1. Composición y propiedades fisico-químicas

La leche tiene un alto contenido de agua alrededor del 87%, por lo que se utiliza en la preparación de pasteles, panes y sopas de crema. La lactosa de bajo poder edulcorante, es el azúcar de la leche presente en un 5%. Además, es una buena fuente de proteína de alta calidad, la

caseína que representa cerca del 80% de las proteínas de la leche. Las proteínas del suero contienen dos fracciones principales: las globulinas y albúminas, éstas últimas representan aproximadamente el 68% del total de las proteínas del suero. El contenido de grasa de la leche esta entre 3.0 y 3.8%. La leche contiene muy poco hierro, es una buena fuente de fósforo y excelente en calcio (Durán Ramírez, 2007).

4.3.2. Sistema multifásico integral de la organización química de la leche

La leche puede considerarse como un sistema multifásico, formado por la emulsión grasa (glóbulos grasos en fase acuosa); la suspensión coloidal (micelas de caseína); y una solución verdadera (lactosa, sales y proteínas del suero) (Figura 4.4).

Esta organización permite entender la complejidad tecnológica de la leche y, además, su enorme versatilidad en la elaboración de distintos productos lácteos. Y es que estudiar este sistema resulta fundamental para comprender procesos como la coagulación, la homogeneización, la pasteurización y la fermentación, todos ellos apoyados en la naturaleza coloidal y en emulsión que caracteriza a la leche.

El estudio de los procesos de conservación y transformación láctea resulta esencial para comprender cómo la ciencia y la tecnología convierten a la leche en una materia prima versátil para obtener una amplia gama de productos lácteos, entre los que se mencionan el yogur, el queso, la mantequilla, así como también diferentes bebidas fermentadas adaptados a las necesidades del consumidor

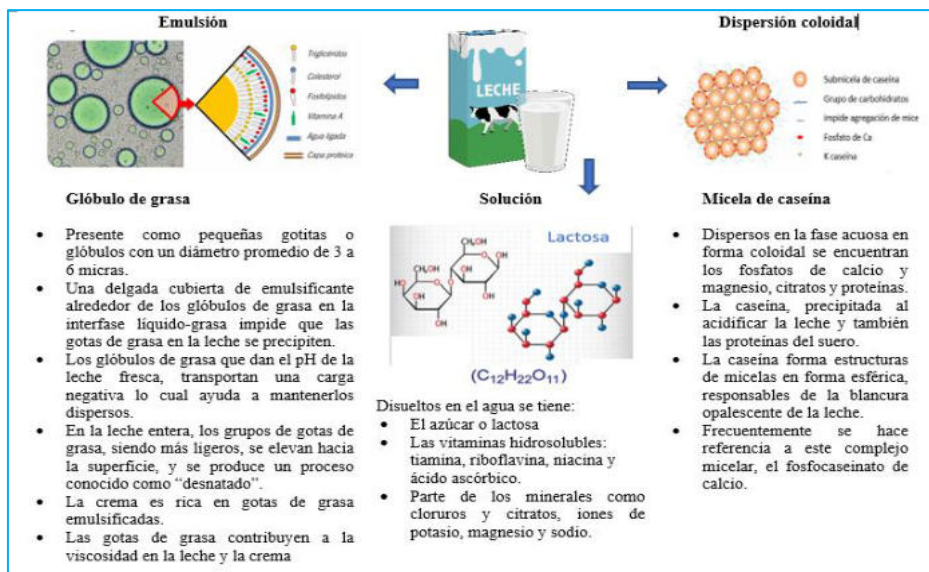


Figura 4.4. Biomoléculas de la leche: Composición interna y funciones

Fuente: Elaboración propia con base en Durán Ramírez, (2007)

4.3.3. Etapas primarias en la obtención de la leche

La obtención de la leche como materia prima para el consumo y la industria láctea implica un conjunto de etapas primarias. Figura 4.5, que constituyen la base de la cadena láctea, ya que de ellas depende la calidad físico-química y microbiológica de la leche cruda que luego ingresa a los procesos de conservación y transformación.

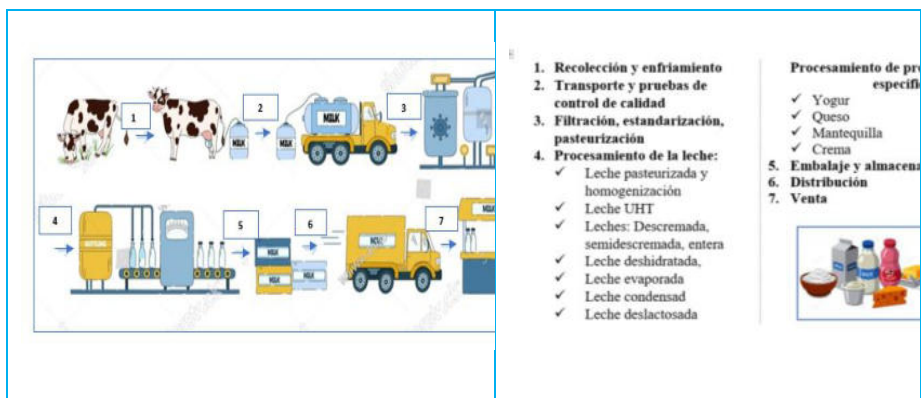


Figura 4.5. Etapas primarias y procesamiento de la leche

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Procesamiento térmico de la leche

Los tratamientos térmicos aplicados a la leche son procesos tecnológicos esenciales que permiten reducir la carga microbiana, inactivar enzimas y asegurar la estabilidad del producto durante su almacenamiento. Estos procedimientos buscan un equilibrio entre la inocuidad microbiológica y la conservación de las propiedades nutricionales y sensoriales, constituyéndose en una etapa sustancial dentro del procesamiento lácteo. La pasteurización y esterilización son los tratamientos más utilizados, que se explicaron en el Capítulo III.

Homogenización: La homogeneización se define como el proceso de división de grandes glóbulos de grasa poli dispersos de una emulsión aceite en agua en un gran número de glóbulos grasos pequeños de menor tamaño y de manera homogénea. Esta reducción homogénea del tamaño se logra forzando el paso a alta presión de las partículas suspendidas en el fluido a través de una válvula (Figura 4.6) (Hanco, 2020).

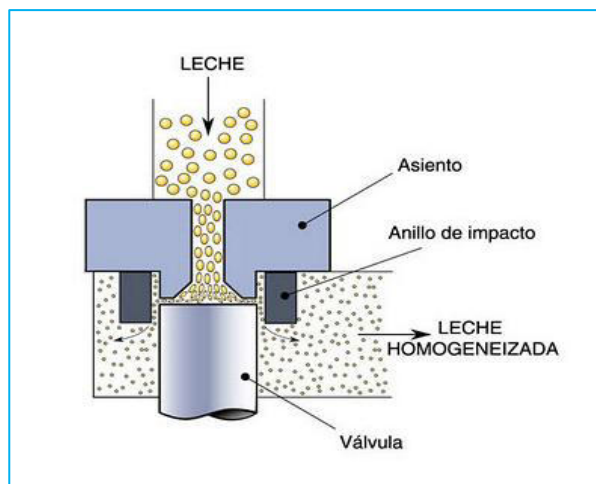


Figura 4.6. Equipo de homogenización de la leche

Fuente: Hanco, (2020)

4.3.5. Productos lácteos: Clasificación y elaboración

Los componentes más valiosos de la leche desde el punto de vista tecnológico son la grasa y la proteína. La separación y/o transformación de una u otra, así como la transformación de la lactosa en ácido láctico son los procesos que originan los diferentes productos lácteos tradicionales. Romero & Mestres, (2004), realiza la siguiente clasificación, sobre los productos lácteos:

Por separación de la grasa

La nata. Concentrando los glóbulos grasos de leche se obtiene la nata, esta concentración va de 12 a un 36 %. El resto del producto tiene la misma composición que la leche.

La mantequilla. Se fabrica a partir de la nata, que forma una emulsión de grasa en agua (w/o). Por acción mecánica (batido) cambia a la emulsión agua en grasa (o/w); cuando la grasa se concentra, se elimina gran parte de la fase acuosa de la nata y se forma la mantequilla, que contiene como mínimo un 80% de grasa. El producto acuoso se denomina mazada y posee una composición muy parecida a la de la leche desnatada.

Por transformación y/o separación de la proteína

La leche fermentada (yogur)

Se produce la transformación de la lactosa en ácido láctico por acción de bacterias lácticas, como consecuencia de la acidificación, las caseínas de la leche forman un gel débil que engloba la fase acuosa y grasa de la leche. En la Tabla 4.3, se explica detalladamente la bioquímica de la obtención de yogur

La cuajada

Al añadir cuajo (enzima proteolítica) a la leche, las caseínas se transforman, dando lugar a un gel sólido bastante consistente. Este gel está formado a partir de uniones entre micelas de caseína a través del calcio. Al igual que en el yogur, esta estructura engloba la totalidad de la fase acuosa y grasa de la leche.

El queso

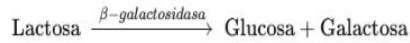
Se forma cuando coagula la caseína de la leche, por fermentación con bacterias lácticas, o por adición de cuajo o por ambos procesos. En el gel así obtenido se da el fenómeno de la sinéresis (desuerado) y, por ello, exuda una parte importante (puede superar el 90% de su masa) de suero, que contiene componentes solubles de la leche (agua, lactosa, proteína y minerales solubles). Se obtiene así el queso fresco (Figura 4.7), sin embargo, en el desuerado se elimina una parte de agua, lactosa y minerales solubles, por lo tanto, la composición del queso es principalmente rica en proteína y grasa.

El requesón. Es el producto obtenido del suero del queso, que contiene una cantidad notable de proteínas solubles. Se forma por la acidificación y calentamiento a 80°C. de las proteínas del suero que forman pequeños agregados fuertemente hidratados, la reunión de estos agregados es el requesón, producto rico en proteínas.

Tabla 4.3. Bioquímica de obtención de yogur

1. Fermentación de la lactosa

- La **lactosa** ($C_{12}H_{22}O_{11}$) presente en la leche es hidrolizada por la **β -galactosidasa** (enzima de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*) en **glucosa** y **galactosa**:



- Posteriormente, la **glucosa** y la **galactosa** son metabolizadas por vía glucolítica (Embden-Meyerhof-Parnas) para producir **ácido láctico**:

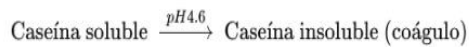


Efecto: La acumulación de ácido láctico reduce el **pH** de la leche (~6,6 a ~4,5), provocando coagulación de proteínas y desarrollo del sabor ácido característico.

2. Desnaturalización y coagulación de proteínas

- Las **caseínas** (principal proteína de la leche) son estables a pH neutro, pero cuando el pH desciende hasta el **punto isoelectrico de la caseína** (~4,6), se produce **precipitación y coagulación**.
- La coagulación forma la **red gelificada** que le da al yogur su textura semisólida.

Reacción simplificada:



3. Producción de compuestos aromáticos

Durante la fermentación, además del ácido láctico, se generan otros **metabolitos secundarios**:

- **Acetaldehído** (CH_3CHO): principal responsable del aroma típico del yogur.
- **Ácido acético** (CH_3COOH) y **diacetilo** ($CH_3COCOCH_3$): contribuyen a notas ácidas y mantecosas.
- **Acetona** y **etanol**: en pequeñas cantidades, que complementan el perfil aromático.

4. Transformaciones en la grasa láctea

- En menor medida, pueden ocurrir **lipólisis** y oxidaciones de ácidos grasos libres, aportando compuestos volátiles que enriquecen el aroma del yogur.

Fuente: Wang & et al., (2021).

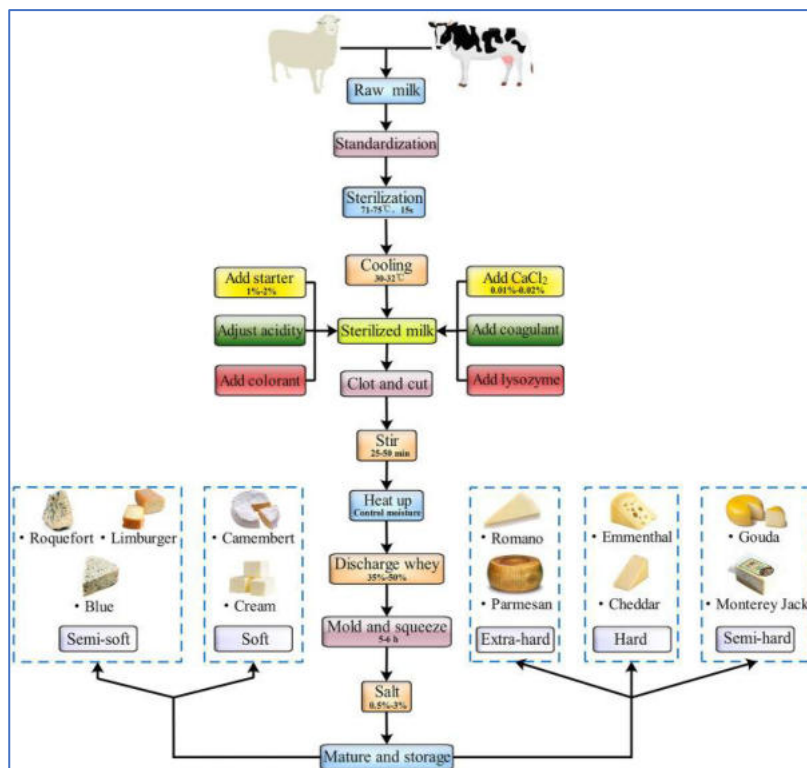


Figura 4.7. Diagrama de flujo de obtención de variedad de quesos

Fuente: Xiaochun & et al., (2021)

El suero

Es un residuo acuoso generalmente de coloración amarilla verdosa, semitransparente, resultante al precipitar las proteínas en la preparación de quesos. El suero corresponde el 85% hasta el 90% de residuo del queso. Además, se estima que por cada kilogramo de queso producido se generan nueve litros de suero de leche. Por otro lado, este subproducto, aunque es considerado aún como un desecho, contiene el 55 % del contenido nutricional de la leche (Figura 4.8), con componentes nutritivos importantes (Lizárraga-Chaidez & et al., 2024).

Esto lo convierte en una matriz rica en compuestos funcionales que pueden ser aprovechados en alimentos, suplementos y bioproductos.

Las propiedades funcionales de las proteínas del suero (β -lactoglobulina, α -lactoalbúmina, inmunoglobulinas, lactoferrina, péptidos bioactivos) son uno de los componentes más valorados debido a sus atributos nutricionales y tecno-funcionales. Las proteínas de suero son ricas en péptidos que poseen propiedades bioactivas como ser antioxidantes y antihipertensivos, así como tener actividades antimicrobianas, que, cuando se ingieren, confieren varios beneficios para la salud. Estos péptidos tienen el potencial de ser utilizados como un ingrediente alimentario activo en la producción de alimentos funcionales. Además de su bioactividad, se sabe que las proteínas de suero poseen atributos funcionales potenciados que permiten que se utilicen en aplicaciones amplias, tales como: agente de encapsulación o materiales portadores para atrapar compuestos bioactivos, emulsificador y en el empaquetado comestible y activo. Por lo tanto, en los últimos años, se han desarrollado y utilizado varios ingredientes a base de proteína de suero de leche en la fabricación de formulaciones para una amplia gama de alimentos para aprovechar sus propiedades beneficiosas (Minj & Anand, 2020).

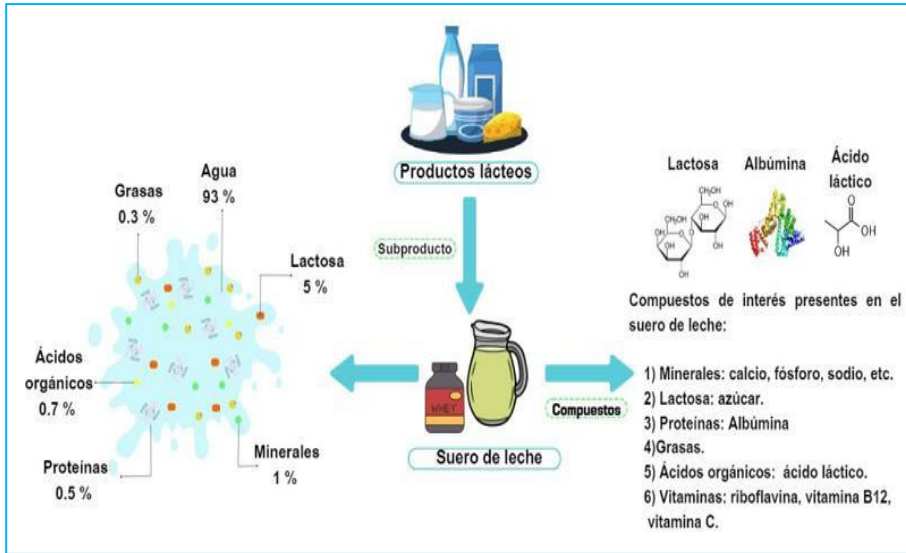


Figura 4.8. Esquema de la composición del suero de leche

Fuente: Lizárraga-Chaidez & et al., (2024)

Tipos de suero

De acuerdo con su método de coagulación este subproducto puede ser de dos tipos: suero dulce y agrio. El primero tiene un pH de 6-7 y resulta de la coagulación de la caseína en la producción de quesos, mientras que, el suero agrio tiene un pH menor a 5 y se origina durante la fermentación o elaboración de productos con ácidos orgánicos añadidos, por ejemplo, la producción de quesos frescos (Figura 4.9) (Lizárraga-Chaidez & et al., 2024).

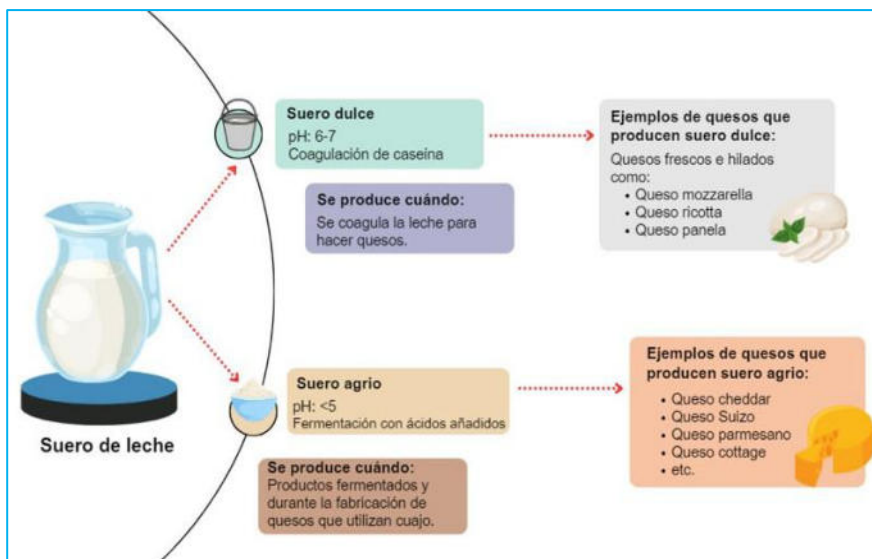


Figura 4.9. Tipos de suero de la leche

Fuente: Lizárraga-Chaidez & et al., (2024)

El suero dulce es más valorado en la industria de ingredientes funcionales y nutricionales, mientras que el suero agrio encuentra más aplicación en fermentaciones, alimentación animal y producción de ricotta/requesón.

Sin embargo, el suero, cuando no se aprovecha, se convierte en un foco de contaminación debido a su alta carga orgánica; por eso su gestión adecuada es indispensable para evitar impactos negativos en el ambiente.

4.4. Cereales: Ciencia, tecnología e innovación

Los cereales constituyen uno de los pilares fundamentales de la industria alimentaria. La tecnología de cereales se logra al integrar conocimientos de química, bioquímica y procesos industriales orientados a la transformación de granos, en alimentos seguros y nutritivos. El estudio de los cereales resulta esencial para comprender su papel en la nutrición y en la industria alimentaria. La complejidad de sus componentes como el almidón, proteínas, fibra y compuestos bioactivos determina no solo su valor nutricional, sino también su comportamiento tecnológico en los procesos de molienda, cocción, extrusión, fermentación, etc. Analizar estos aspectos permite optimizar su aprovechamiento en la formulación de productos alimenticios más seguros, nutritivos e innovadores que vincula la ciencia básica con la práctica industrial.

4.4.1. Clasificación y estructura

El término "cereales" se refiere a los miembros de la familia *Gramineae* e incluye nueve especies: trigo (*Triticum*), centeno (*Secale*), cebada (*Hordeum*), avena (*Avena*), arroz (*Oryza*), mijo (*Pennisetum*), maíz (*Zea*), sorgo (*Sorghum*) y *triticale*, un híbrido de trigo y centeno (Papageorgiou, 2018)

La Figura 4.10 presenta las tres capas de la estructura de un grano de cereal entero. El salvado voluminoso que consta principalmente de celulosa y hemicelulosa, material indigerible que proporciona volumen a la dieta. La cáscara suma alrededor del 5% de todo el grano. La capa de aleurona separa el salvado del resto del grano. El germen o embrión,

forma del 2 al 3% del grano de cereal, es rico en grasas no saturadas, generalmente se elimina durante el procesamiento pues causa enranciamiento en los productos. El endospermo es la porción más grande, compuesta principalmente de almidón (Del Rio, 2020).

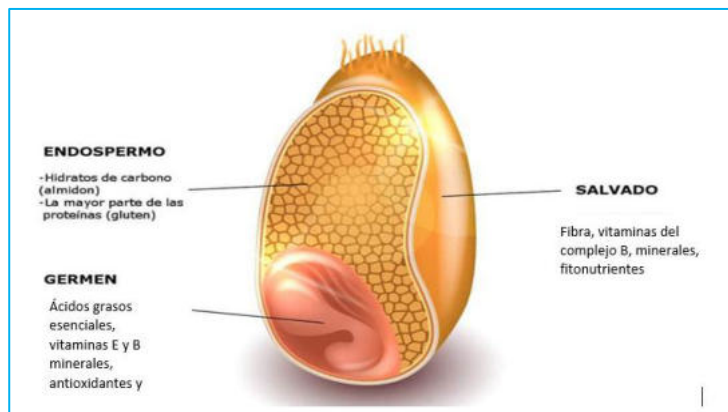


Figura 4.10. Estructura de un grano de cereal

Fuente: Del Rio, (2020)

4.4.2. Valor nutricional y propiedades funcionales

Los alimentos de origen vegetal son esenciales para la nutrición humana, en particular los cereales, que constituyen la base de la alimentación aportando los siguientes nutrientes: Los cereales son la principal fuente de carbohidratos, contienen entre el 65-75%, principalmente el almidón (formado de 25% de amilosa y el 75% de amilopectina) y fibra dietética. La compleja matriz de la pared celular de los granos otorga a la fibra dietética de los cereales propiedades distintivas en comparación con otras fibras (Ikram & et al., 2023).

De acuerdo con Avelar & et, (2024), el contenido proteico es importante, oscilando entre el 6 % y 12 %. Las proteínas se distribuyen de forma heterogénea en diferentes partes del grano, y el contenido proteico depende de la especie, la variedad y las condiciones de crecimiento de la planta. A pesar de su gran importancia en la nutrición humana, las proteínas de los cereales suelen considerarse de baja calidad debido a su perfil frecuentemente incompleto de aminoácidos, junto con problemas de alergenicidad y efectos anti nutricionales. No obstante, las proteínas de los cereales tienen una importancia clave no solo en la nutrición, sino también en las propiedades de uso final del grano y sus productos derivados. Actualmente, varias proteínas de cereales pueden extraerse de diferentes granos.

Por ejemplo, la zeína del maíz, las hordeínas de la cebada, las gliadinas y gluteninas del trigo, la avenina de la avena, la secalina del centeno y las kafirinas del sorgo y el mijo. Los cereales poseen pequeñas cantidades de lípidos, siendo la avena la que posee un mayor porcentaje. Predominando los ácidos grasos insaturados. En un promedio general los cereales aportan alrededor del 5% de lípidos, cuya mayor concentración se encuentra en el germen o embrión. Poseen minerales como el calcio, zinc, hierro, pero su biodisponibilidad suele ser limitada debido a elementos anti nutricionales como el fitato, los inhibidores de tripsina y los polifenoles.

El antinutriente más importante es el ácido fítico, presente en la mayoría de los granos y con la potencia suficiente para combinar iones metálicos multicargados, en particular Zn, Ca y Fe, haciéndolos inaccesibles para

el consumo (Ikram & et al., 2023). Los cereales contienen principalmente vitaminas del grupo B, distribuidas en todo el cereal.

4.4.3. Fundamentos tecno-funcionales de las proteínas de los cereales

Bajo un criterio científico, Avelar & et, (2024) describe que las proteínas de los cereales desempeñan un papel crucial en las propiedades funcionales y tecnológicas de los productos alimenticios. Contribuyen a la textura, la elasticidad de la masa y la retención de humedad, lo que influye en la calidad del producto de panadería, elaboración de pasta y de snacks. Además, las proteínas de los cereales pueden formar películas y encapsular compuestos bioactivos, lo que mejora la vida útil y el valor nutricional de los alimentos.

Así también estima que a medida que aumenta la demanda mundial de fuentes de proteínas sostenibles, las proteínas de los cereales representan una promesa para una industria alimentaria más ecológica como lo fundamenta con ejemplos (Figura 4.11). Por esta razón, refiere que la investigación continua sobre sus propiedades moleculares y las innovaciones en el procesamiento permitirán aprovechar al máximo su potencial para abordar los desafíos nutricionales y ambientales.

Independientemente de la fuente y método de recuperación, las proteínas de cereales presentan atributos funcionales únicos, determinados por sus distintivas estructuras moleculares y propiedades fisicoquímicas. Además, se ha optimizado la extracción de proteínas de cereales de fuentes naturales y modificado sus estructuras moleculares

para ampliar su funcionalidad. Por ejemplo, tras la hidratación y la mezcla, las proteínas del trigo forman una red proteica que produce una masa cohesiva y elástica. Este comportamiento se debe a la proteína viscosa gliadina y al componente elástico glutenina y confiere una estructura y textura a los alimentos de panadería y cereales extruidos, entre los que se incluyen análogos de carne elaborados a partir de la fracción de trigo. Desafortunadamente, no todas las proteínas de los cereales poseen estas interesantes propiedades, por lo que presentan una calidad tecnológica y funcional limitada (Avelar & et, 2024).

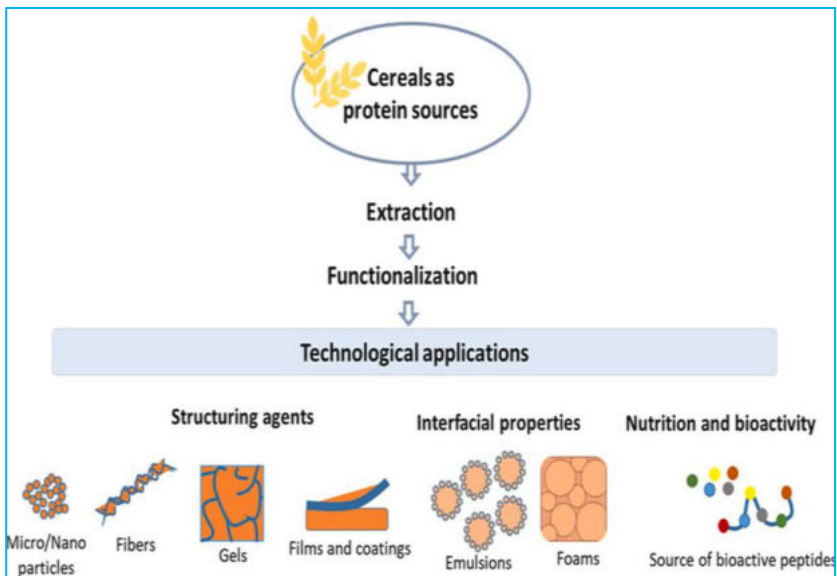


Figura 4.11. Aplicaciones tecnológicas de las proteínas de cereales

Fuente: Avelar & et, (2024)

Es relevante considerar que, a través del análisis presentado por (Avelar & et, 2024), se resalta la importancia de las proteínas sobre todo la del grano de trigo que presenta atributos únicos sobre todo porque

determinan la funcionalidad tecnológica durante los procesos de amasado y cocción.

4.4.4. Procesamiento de cereales y obtención de productos

El procesamiento de cereales constituye una parte importante de la cadena de producción alimentaria incluye dos fases. La fase primaria, inicia con la recolección del cereal para ser transportado y luego almacenado. La fase secundaria involucra etapas para la obtención del producto final (Figura 4.12).

El procesamiento de los cereales comprende una serie de operaciones muy importantes destinadas a eliminar las partes no comestibles, reducir el tamaño del grano y mejorar la digestibilidad (Papageorgiou, 2018). Esta descripción considero pertinente para comprender la secuencia lógica de transformación industrial, desde la limpieza hasta la molienda, que a su vez determinan la calidad final del producto. La fuente citada, detalla cada fase, explicada a continuación:

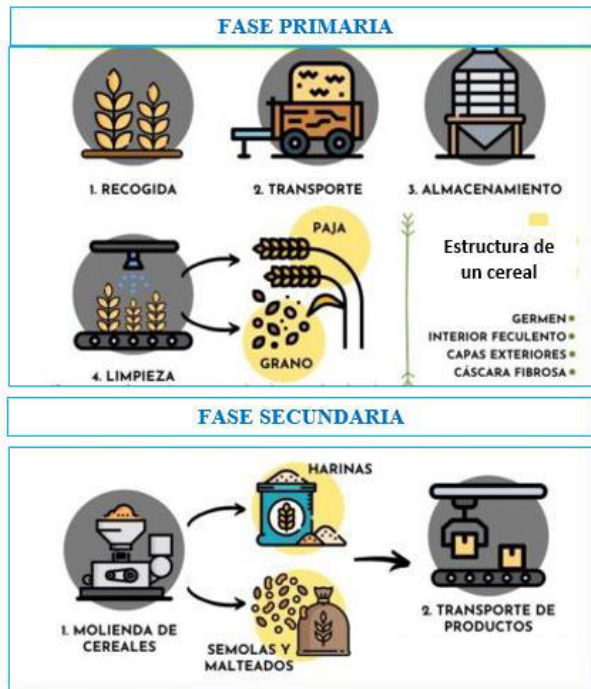


Figura 4.12. Fases del procesamiento de cereales

Fuente: Elaboración propia

La **limpieza**, es importante porque, generalmente, el grano recibido a granel contiene impurezas que dependen del tipo de cereal. Las principales impurezas son: granos arrugados o dañados por plagas, germen decolorado, germinados, descompuestos, otros cereales, impurezas diversas como semillas o materias extrañas, cáscaras, insectos y otros materiales indeseables. Equipos como un separador magnético elimina partículas de metales ferrosos; separadores de disco o tamiz eliminan cualquier otro material grande o pequeño (p. ej., paja); un aspirador para eliminar impurezas más ligeras (p. ej., polvo); que

separa materiales con diferentes densidades (p. ej., piedras), clasificadores por color, etc.

En el **acondicionamiento**, o templado, los granos se humedecen mediante una adición controlada de agua para que el endospermo interno se vuelva más blando y el salvado, en cambio, se endurezca. Y es que este ajuste, aunque parezca simple, resulta clave porque ayuda a evitar la rotura del salvado, facilita su separación progresiva durante la molienda y mejora la eficiencia del tamizado. Además, los granos deben mantenerse en recipientes adecuados durante un tiempo determinado para que la hidratación sea completa. La verdad es que ese tiempo, al igual que la temperatura de remojo, puede variar según el tipo de grano, la variedad y el nivel de humedad inicial.

La **molienda**, esta constituye el procedimiento principal y se clasifica, por lo general, en dos grandes categorías: seca y húmeda, cada una con características y aplicaciones propias.





Molienda seca, separa las fibras externas y el germen, subproductos del endospermo del grano con alta concentración de compuestos bioactivos. El perlado, una técnica abrasiva que elimina la testa y el pericarpio de la semilla, las capas de aleurona y subaleurona, y el germen para obtener grano pulido (arroz, avena y cebada), (Tabla 4.4).

Por otro lado, también menciona, **la molienda húmeda** (maíz y trigo), se utiliza principalmente para la producción de almidón y gluten, obteniendo como coproductos sólidos de maceración (ricos en

nutrientes valiosos para la industria farmacéutica), germen (destinado a la industria oleaginosa) y salvado. El malteado es un proceso destinado a la producción de cerveza y otras bebidas alcohólicas en el que los azúcares fermentables y el almidón del grano (generalmente cebada) son consumidos por enzimas, dejando como residuo el grano gastado. La molienda húmeda implica operaciones físicas, químicas, bioquímicas y mecánicas, resumidas en las siguientes etapas: limpieza, maceración (grano remojado), molienda, trasiego, separación de compuestos químicos (almidón, proteínas, fibra y aceite), almidón modificado (jarabes p. ej., maltodextrinas, glucosa, etc.), espesantes, productos de panadería y confitería, sopas, alimentos infantiles y aditivos cerveceros.

Tabla 4.4. Proceso de molienda seca para diferentes productos

| | | | |
|---|---|---|---|
|  <p>Maíz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza • Acondicionamiento, • Desgerminación (productos terminados bajos en grasa y de alta pureza) • Deshidratación (14%) • Molienda (laminado) • Tamizado (endospermo) |  <p>Arroz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza • Descascarillado (aspiración de la cáscara) • Separación (por diferencia de densidad, tamaño) • Perlado (eliminación del salvado, |  <p>Trigo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza • Acondicionamiento • Molienda: (rotura y reducción). Salvado, granulaciones, harinillas, fracciones de harina • Tamizado y purificación • Sémola |  <p>Avena</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza • Acondicionamiento térmico para inactivación de enzimas • Descascarillado • Molienda: (rotura y reducción) |
|---|---|---|---|

| | | | |
|--|--|--|--|
| refinado) <ul style="list-style-type: none"> • Harina (sémola cervecera y para aperitivos) • Harina de maíz | proceso mecánico y térmico) <ul style="list-style-type: none"> • Pulido (suave fricción o abrasión) • Grano entero • Molienda y tamizado • Harina (fórmulas infantiles, fideos, repostería) | (pasta) <ul style="list-style-type: none"> • Harina • Productos de panificación | <ul style="list-style-type: none"> • Tamizado • Grano de avena • Harina |
| Productos | | | |
|  |  |  |  |

Fuente: Elaboración propia con base en Papageorgiou, (2018).

Como se puede observar, cada cereal necesita condiciones de molienda específicas según su morfología y su composición química. Además, esta diferencia no es un detalle menor, ya que permite obtener harinas y subproductos con características más adecuadas para su aprovechamiento tanto en la industria alimentaria como en otros usos industriales.

4.4.5. Obtención de gluten y almidón

A través de la molienda húmeda del trigo, se produce gluten y almidón esenciales. El proceso de amasado (conocido industrialmente como

método hidrociclónico) utiliza harina de trigo refinada y agua tibia para formar una masa suelta que, tras un breve reposo, se homogeniza por agitación. De la suspensión, se obtienen tres fases tras la decantación: una suspensión rica en almidón, una mezcla de gluten y gránulos de almidón tipo B, y una proteína insoluble (Papageorgiou, 2018). En la Figura 4.13 se presenta la estructura química de estos compuestos.

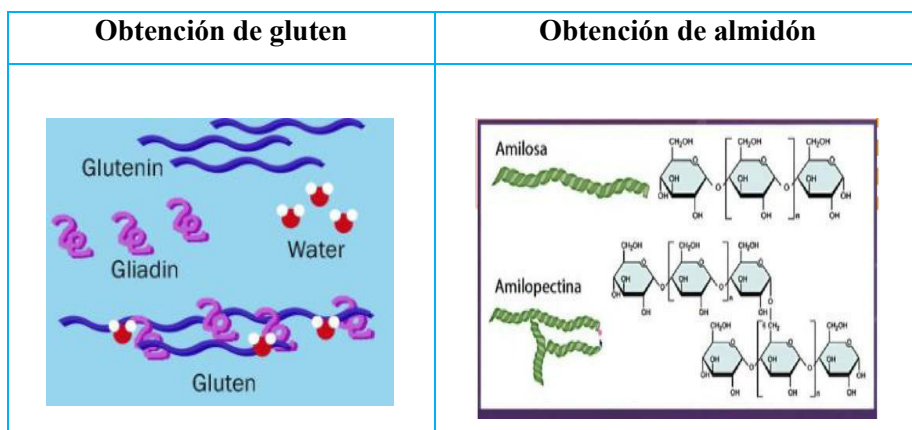


Figura 4.13. Proceso de amasado (hidrociclónico)

Fuente: Vega, (2014)

4.4.6. Gelatinización y dextrinización del almidón, en la extrusión de cereales

Según Yamid Pismag & et al., (2014), la extrusión es una técnica ampliamente utilizada en la creación de alimentos de preparación instantánea, como bebidas, gachas, alimentos infantiles y postres. Las materias primas comunes utilizadas para producir harinas precocidas son el arroz, el trigo y el maíz. Tienen prioridad debido a su amplia disponibilidad y facilidad para ser procesados a escala industrial.

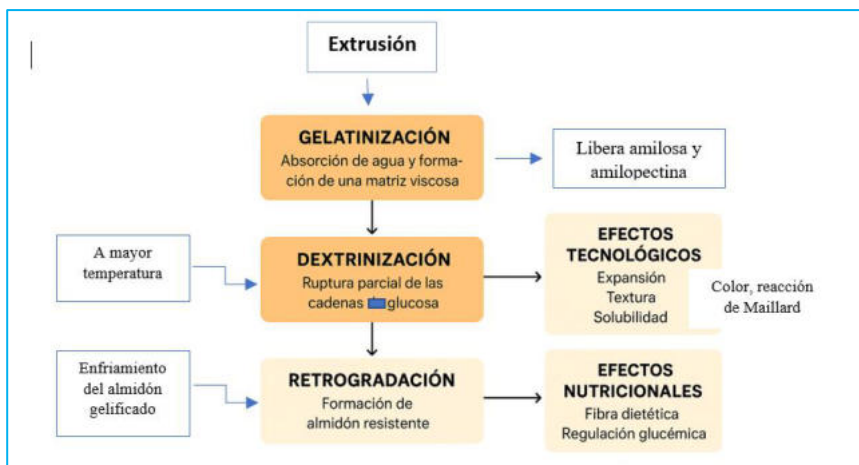


Figura 4.14. Extrusión del almidón: efectos tecnológicos y nutricionales

Fuente: Elaboración propia

La cocción por extrusión promueve la formación de estructuras de bajo peso molecular a partir de los almidones. Los principales fenómenos se llaman gelatinización, que es un proceso particular en la extrusión que se produce a bajo contenido de humedad (12-45%), e implica la hinchazón de los gránulos de almidón, también se promueve la lixiviación de fracciones de amilosa y polisacáridos de bajo peso molecular. Sin embargo, a medida que las condiciones termomecánicas se vuelven más agresivas, se induce la fusión, la despolimerización y la dextrinización de los almidones. Tanto la amilosa como la amilopectina están completamente expuestas al efecto mecánico de los tornillos, lo que lleva a la producción de estructuras de bajo peso molecular, incluyendo la generación de azúcares libres como la glucosa y la maltosa

en los cereales, además la liberación de sacarosa, estaquiosa y rafinosa en legumbres (Figura 4.14).

Desde una mirada tecnológica, la gelatinización y la dextrinización son procesos clave, porque influyen directamente en la expansión, la textura, la solubilidad y la funcionalidad de los productos obtenidos por extrusión. Y es que gracias a estos cambios se pueden desarrollar snacks y cereales con características sensoriales más atractivas para el consumidor. Sin embargo, desde el punto de vista nutricional, la verdad es que una gelatinización intensiva y la dextrinización también tienen su lado menos favorable, ya que aceleran la digestibilidad del almidón y reducen el contenido de carbohidratos resistentes.

4.4.7. La tecnología del malteado y elaboración de la cerveza

De acuerdo con Papageorgiou, (2018), el malteado se aplica principalmente a los granos de cebada tras su limpieza y clasificación en fracciones uniformes, que posteriormente se almacenan y procesan adecuadamente. La producción de malta comprende los siguientes procesos: remojo, germinación y secado en horno. El malteado aprovecha la capacidad de germinación natural cuando el grano de cebada, completamente libre de latencia, germina tras absorber agua en presencia de oxígeno, alcanzando un contenido de humedad de hasta el 47 %. A través del horneado se detiene el proceso. Aunque la malta se utiliza principalmente como primer ingrediente para producir cerveza y *whisky*, también se ha aplicado en la elaboración de batidos malteados, vinagre de malta, dulces, bebidas saborizadas y productos horneados.

4.4.8. Subproductos del procesamiento de cereales

Durante el proceso de molienda, el salvado, el germen y la capa de aleurona del endospermo se eliminan del grano de cereal y constituyen los subproductos secos de la molienda. Estas fracciones de grano son una rica fuente de moléculas biofuncionales, fibra, minerales, vitaminas, lignanos, fitoestrógenos y compuestos fenólicos. En la Figura 4.15. se resume los subproductos que se pueden obtener



Figura 4.15. Subproductos del procesamiento de cereales

Fuente: Elaboración propia

El salvado obtenido de los diferentes granos de cereal representa una fuente muy rica de fibra dietética con un bajo contenido de lípidos. El salvado de trigo contiene polisacáridos no amiláceos (38%), almidón (19%), proteínas (18%) y lignina (6%). Sin embargo, el salvado de trigo en productos a base de cereales afecta la reología y la manejabilidad de la masa y deteriora la calidad organolépticos de los productos obtenidos. Una forma de compensar la pérdida de calidad en productos horneados con alto contenido de salvado es añadir gluten a las harinas integrales (Papageorgiou, 2018).

4.4.9. Cereales listos para el consumo CLPC

En general, existen etapas comunes al procesamiento de los CLPC que están dadas por la mezcla de granos o ingredientes en polvo con otros ingredientes como sal, azúcar, saborizantes, agua, vitaminas termoestables, minerales y aceites vegetales. Una vez mezclados las materias primas, se someten a temperaturas de (100-175°C) y para gelatinizar el almidón (51-71°C) para asegurar la inocuidad del alimento. Luego, se da variadas formas, se seca o tuesta, se recubren con vitaminas termosensibles y se realiza un secado final antes de su envasado (Figura 4.16). Dentro de las técnicas de procesamiento, la extrusión es una de las que ha ganado gran protagonismo en el mercado de los CLPC. Específicamente, la cocción por extrusión permite que los productos a base de cereales adopten una amplia gama de formas y texturas mediante alta presión, fuerza de corte y temperatura, que puede mejorar la biodisponibilidad de los ácidos fenólicos de los cereales integrales (Duarte-Silva & Sambra-Vásquez, 2024)

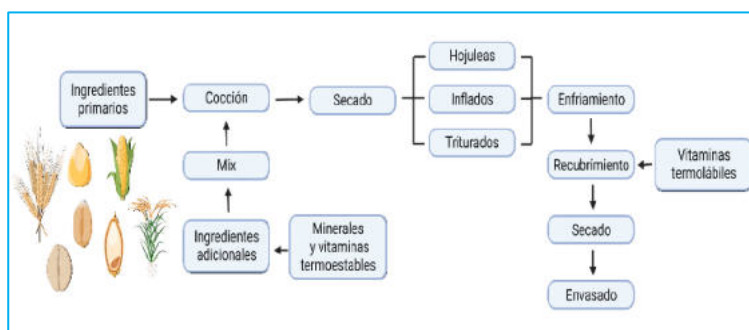



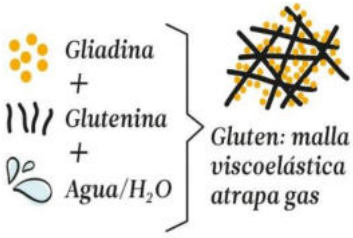
Figura 4.16. Diagrama de elaboración de cereales de desayuno

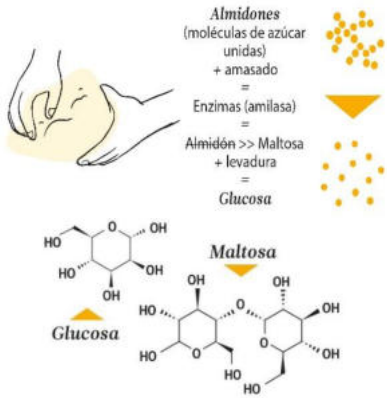
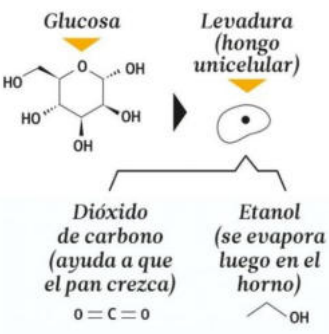
Fuente: Duarte & Sambra, (2024)




4.4.10. Productos de panificación: Ingredientes, proceso tecnológico

En el tema se resume las bases científicas que sustenta la elaboración del pan y las complejas reacciones físicas, químicas y microbiológicas, que ocurren, en la mayoría de los casos, simultáneamente en las distintas etapas del proceso de elaboración de diversas variedades de pan, como se observa a continuación en la Tabla 4.5

Tabla 4.5. Etapas en el proceso de elaboración del pan

| Esquemas | Etapas |
|--|--|
|  <p>El diagrama muestra un cuenco amarillo con los siguientes ingredientes etiquetados: levadura en polvo (1), agua tibia (2), harina de trigo (3), harina de maíz, sal y un huevo. Los números 1, 2 y 3 indican el orden de adición de los ingredientes principales.</p> | <p>Etapas</p> <p>Etapas 1: Dosificación y pesado de ingredientes En base de cada producto o variedad de pan</p> <p>Ingredientes básicos y función</p> <p>Harina: Contiene el gluten (gliadina+glutenina) y almidones (cadenas largas de azúcares)</p> <p>Agua: Disuelve los ingredientes, hidrata la harina para formar el gluten, activa la levadura</p> <p>Sal: Añade sabor, reduce el rendimiento de la levadura, fortalece la malla del gluten, hace la masa más elástica</p> <p>Levadura: Agente leudante. Cultivos de levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) u otros cultivos, como bacterias lácticas (BAL) en el caso de la masa madre</p> |
|  <p>El diagrama muestra la combinación de Gliadina (representada por puntos amarillos), Glutenina (representada por líneas onduladas) y Agua/H₂O (representada por una gota) para formar el Gluten, que se describe como una malla viscoelástica que atrapa gas.</p> | <p>Etapas 2: Mezclado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distribución uniforme de todos los ingredientes • Hidratación de la harina y formación gradual de la red de gluten en la masa • Polimerización y reticulación de las proteínas presentes en la harina de |

| | |
|---|--|
| | <p>trigo (glutenina y gliadina), generando una estructura tridimensional o red de gluten, que le confiere resistencia a la masa.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formación de una masa viscoelástica atribuida a la glutenina y la gliadina, respectivamente. |
|  <p>Almidones (moléculas de azúcar unidas) + amasado = Enzimas (amilasa) = Almidón >> Maltosa + levadura = Glucosa</p> <p>Glucosa</p> <p>Maltosa</p> | <p>Amasado. Manualmente o con equipos hasta obtener una masa homogénea. Procesos químicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incorporación de aire, esencial para proporcionar oxígeno para los procesos de oxidación y la actividad de la levadura. • La enzima amilasa convierte el almidón de la harina en maltosa que, unida a la levadura, se convierte en glucosa. • Esto servirá de nutriente para la levadura en el proceso de fermentación. • Es fundamental para el sabor y le otorga el color dorado a la corteza del pan. |
|  <p>Glucosa</p> <p>Levadura (hongo unicelular)</p> <p>Dióxido de carbono (ayuda a que el pan crezca) $O = C = O$</p> <p>Etanol (se evapora luego en el horno) CH_2OH</p> | <p>Etapa 3: Primera fermentación (en bloque) y reposo. Cambios químicos y físicos interrelacionados</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las enzimas de la harina y la levadura descomponen el almidón en azúcares (glucosa) que luego son fermentados por la levadura, principalmente en CO_2 y alcohol, • Las burbujas de CO_2 producidas durante la fermentación quedan atrapadas en la red de gluten, esto da volumen a la masa forma una estructura esponjosa y desarrolla aromas característicos. • El tiempo de fermentación va de 1 a 4 horas a una temperatura de 25 a 28 °C. |

| | |
|---|--|
|  | <p>Etapa 4: División y boleado</p> <p>La masa se divide en porciones del peso y tamaño predeterminados. Posteriormente se bolea (redondeo), lo que ayuda a ordenar el gluten y retener mejor los gases</p> |
|  | <p>Etapa 5. Reposos y fermentación intermedia.</p> <p>Dividir y bolear la masa reduce su flexibilidad, elasticidad y extensibilidad, lo que la hace susceptible a desgarrarse.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es necesario dejar reposar la pieza de masa de 10 a 20 minutos a una temperatura controlada (26,7–29,4 °C). • Esto relaja el gluten, facilitando el moldeo posterior. mientras se fermenta para restaurar estas propiedades. • Las cámaras de fermentación son óptimas |
|  | <p>Etapa 6. Formado o moldeado y fermentación final</p> <p>Se da a la masa la forma deseada (barras, bollos, baguettes, etc.). Este paso también redistribuye las burbujas de gas.</p> <p>Reposo y fermentación de la masa moldeada hasta alcanzar su volumen óptimo.</p> <p>La actividad de la levadura forma ácidos orgánicos que contribuyen al desarrollo del sabor. El tiempo, la temperatura (30-35 °C), y la humedad controlada son claves para lograr una corteza adecuada</p> |



Spring

Expansión rápida y significativa que ocurre en el pan durante los primeros minutos de horneado. Puede aumentar el tamaño del pan hasta un 30 %, y se debe a la liberación de gases atrapados en la masa fermentada, especialmente el dióxido de carbono, lo que resulta en un pan más ligero y voluminoso

Etapa 7. Horneado

Pretratamiento: cortes para permitir la salida de CO₂ durante el horneado. Temperatura oscila de 220 y 250 °C, con variaciones. Cambios físico-químicos:

- Expansión rápida del gas (spring)
- Gelatinización del almidón a 74 °C
- Desnaturalización de proteínas
- Formación de la corteza y firmeza del pan a la temperatura de 80 °C.
- Reacción de Maillard, inicia a 150 °C. Reacción de los azúcares reductores con los aminoácidos de las proteínas, formando compuestos de color oscuro, conocidos como melanoidinas.
- Caramelización de azúcares, a unos 170 °C. Las moléculas se polimerizan para formar sustancias coloreadas (caramelos). Los productos caramelizados aportan color y sabor al producto horneado



Etapa 8. Enfriamiento y envasado

El enfriamiento permite estabilizar la miga, reducir la humedad superficial y evitar condensación en el envasado. La temperatura interna del pan debe reducirse de 35 a 40 °C.

El pan se envasa normalmente con el límite legal de humedad del 38-42 %.



Fuente: Elaboración propia con base en Das & et al., (2023)

Al finalizar el tema sobre la tecnología de cereales, se concluye diciendo que se han abordado diferentes aspectos de relevancia que han permitido mantener la rigurosidad científica tanto en las características estructurales, nutricionales y tecnológicos, que constituyen un eje fundamental en la producción alimentaria mundial. El equilibrio entre métodos tradicionales y modernos permite aprovechar al máximo su potencial, garantizando productos de alto valor nutricional y funcional, y contribuyendo a la sostenibilidad de los sistemas alimentarios actuales y futuros.

4.5. Tecnología de leguminosas: Una visión integral de la ciencia a la industria

Estos productos representan materias primas fundamentales tanto para la nutrición como para la industria de alimentos. Y es que no solo aportan proteínas de alta calidad, aceites saludables, fibra y compuestos bioactivos, sino que además ofrecen un enorme potencial para desarrollar nuevos productos. Desde el punto de vista tecnológico, permiten elaborar harinas, aceites, concentrados proteicos e incluso alternativas innovadoras, como análogos cárnicos y lácteos. La verdad es que su valor va mucho más allá de lo básico, porque también su cultivo favorece la sostenibilidad agrícola y aporta valor agregado a toda la cadena alimentaria.

Según la FAO, el término "legumbres" se limita a las plantas que se cultivan únicamente para obtener el grano (o semilla) seco. En esta denominación se excluyen los cultivos cosechados verdes para alimento (denominados verduras), así como los cultivos utilizados principalmente

para la extracción de aceite (denominados semillas oleaginosas) y los cultivos leguminosos que se utilizan exclusivamente para fines de siembra (Figura 4.17).



Figura 4.17. Clasificación de las leguminosas

Fuente: Araneda, (2024)

4.5.1. Componentes nutricionales y potencial funcional

Las **semillas oleaginosas** se destacan por su aporte de lípidos saludables, proteínas de alta calidad y compuestos bioactivos con potencial funcional, evidenciando su importancia en la alimentación. Se mencionan dos clases: La soja y el maní.

La soja: Se ha utilizado en diversos productos y como alimento básico en las dietas veganas. La proteína de soja completa ofrece todos los aminoácidos esenciales, así como compuestos bioactivos, como fitoestrógenos y polifenoles, que potencialmente reducen los niveles de colesterol en sangre. A pesar de sus beneficios, popularidad y creciente producción, la proteína de soja presenta algunos desafíos para su

aceptación por parte del consumidor debido a sus atributos sensoriales poco atractivos, así como a su potencial alergénico. Los aceites de semillas oleaginosas pueden contribuir a la ingesta de ácidos grasos esenciales (linoleico y linolénico) en la dieta (Bolarinwa, 2019).

El maní (cacahuete): Se consideran la principal fuente de proteínas vegetales. También contienen otros nutrientes como carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales. Contiene carbohidratos con alto contenido de fibra dietética y ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, como los omegas. Si bien el cacahuete contiene todos los principales aminoácidos esenciales, los demás aminoácidos pueden complementarse con otras dietas vegetales (Mistry & et al., 2022).

Por otra parte, las **legumbres** son las semillas de las plantas leguminosas, como el garbanzo, lenteja, frejol, guisantes, garbanzos, chochos, habas secas. Las legumbres en general son fuentes ricas en proteínas, carbohidratos y fibra (fibra dietética soluble e insoluble). También en vitaminas como la tiamina, la riboflavina y niacina. El contenido de minerales es alto, pero de biodisponibilidad baja debido a que se unen a los fitatos, compuestos que constituyen el principal inhibidor de la absorción de hierro y zinc. Algunas legumbres tienen además contenidos importantes de polifenoles que inhiben la absorción de hierro, que se puede evitar a través del remojo, la germinación, el tratamiento térmico y la fermentación que puede incrementar la actividad de las enzimas. No obstante, la adición de enzimas microbianas parece ser la forma más eficiente para conseguir una degradación completa durante el procesado (Bolarinwa, 2019).

Messina, (2025), También es importante mencionar que los almidones de las legumbres suelen tener un mayor contenido de amilosa, generalmente superior al 30 %, en comparación con los almidones de los cereales. Además, esta característica se relaciona con un índice glucémico más bajo y con niveles más altos de almidón resistente, lo que les da un valor especial desde el punto de vista nutricional. Y es que, precisamente por eso, podrían tener un uso muy prometedor en el desarrollo de formulaciones alimentarias dirigidas a personas con diabetes.

Las legumbres se caracterizan por su elevado contenido de fibra, otro de los aspectos de interés para su consumo. La fibra dietética es una mezcla compleja de hidratos de carbono. Las propiedades fisicoquímicas de la fibra producen el efecto de la "fibra soluble", capaz de formar geles viscosos que afectan principalmente a la absorción de glucosa y grasa. Por otro lado, las "fibras insolubles", tienen un efecto saciante, importante aspecto en la nutrición.

4.5.2. Leguminosas en la industria alimentaria: Bases tecnológicas y funcionales

El procesamiento de legumbres constituye una etapa fundamental para mejorar sus características nutricionales, funcionales y sensoriales, al tiempo que incrementa su vida útil (Bolarinwa, 2019), propone algunos tratamientos para el procesamiento de legumbres, entre ellos se tiene:

Legumbres secas, el secado se realiza para prolongar su vida útil. Las semillas enteras se utilizan para elaborar sopas, salsas, bebidas,

productos fritos y horneados o pueden molerse para obtener harina

Legumbres germinadas, se producen a partir de semillas secas, luego de su remojo. Este proceso ayuda a aumentar la digestibilidad de las proteínas, la biodisponibilidad de los minerales reduce la concentración de factores antinutricionales (como taninos y ácido fítico) y carbohidratos no digeribles.

Legumbres enlatadas, obtenidas a través de la aplicación de procesos térmicos de escaldado, esterilización y envasado a las legumbres secas.

Harina de legumbres, añadida o como relleno en masas congeladas y en alimentos procesados como pan, pasta, aperitivos, sopas, relleno de barras de cereales, tortillas, aperitivos, etc.

De acuerdo con Zhang, (2024), las proteínas vegetales no solo enriquecen el contenido nutricional de los productos horneados con aminoácidos esenciales, fibra y micronutrientes, sino que también ofrecen soluciones innovadoras para opciones sin gluten, como la pasta elaborada con proteínas de legumbres como guisantes y habas, en la que la proteína de guisante contribuye a una textura más firme, mientras que la proteína de haba mejora la absorción de agua, la extrusión y reduce las pérdidas por cocción, lo que la diferencia de los productos a base de sémola. La proteína de haba en espaguetis y avena aumentó la masticabilidad y la dureza, redujo el índice glucémico y mejoró la digestibilidad. Así también, las aplicaciones alimentarias de las proteínas de soja, legumbres y cereales facilitan la creación de sustitutos

de carne, opciones sin lácteos, snacks y bebidas vegetales. Procedentes de la soja, los guisantes y el arroz, estas proteínas no solo mejoran el perfil nutricional, sino que también contribuyen significativamente a la textura y el sabor deseados de los alimentos. Además, satisfacen las necesidades nutricionales, las diversas preferencias alimentarias, incluyendo las dietas vegetarianas y flexibles.

4.5.3. Extracción de proteínas: Enfoques aplicados en leguminosas

El estudio de las proteínas de las legumbres es de gran interés en el campo de la alimentación, pues ofrece varias alternativas de aplicación. En referencia a las propiedades funcionales de las proteínas, éstas pueden afectar el comportamiento de los sistemas alimentarios durante el procesamiento, la preparación, el almacenamiento y el consumo Messina, (2025), señala estas propiedades y las clasifica en tres grupos según su mecanismo de acción: a) relacionadas con la hidratación (retención de agua y aceite). b) relacionadas con la estructura y las características reológicas (gelificación), c) relacionadas con las características superficiales de la proteína (emulsificación y formación de espuma). Además, los factores que influyen en el comportamiento funcional de las proteínas están relacionados con su tamaño, estructura, composición, secuencia de aminoácidos, relación hidrofóbica/hidrofílica en respuesta a factores ambientales.

La extracción de proteínas a partir de leguminosas es una respuesta a la creciente necesidad de obtener fuentes sostenibles de proteína vegetal que sustituyan parcial o totalmente a las de origen animal. Existen procesos que se fundamentan en métodos físicos, químicos y

enzimáticos orientados a la separación, concentración y purificación de fracciones proteicas, con el fin de mejorar su funcionalidad tecnológica y su aprovechamiento nutricional. Las tecnologías más utilizadas incluyen: molienda húmeda y seca, extracción alcalina con posterior precipitación isoeléctrica, empleo de membranas y tecnologías emergentes como ultrasonido, extracción asistida por pulsos eléctricos y uso de fluidos. Estas técnicas no solo permiten optimizar el rendimiento y calidad de los concentrados y aislados proteicos, también favorecen la obtención de ingredientes con aplicaciones específicas en el desarrollo de alimentos enriquecidos, análogos cárnicos y lácteos, productos libres de alérgenos y formulaciones funcionales (Mistry & et al., 2022).

A partir del análisis desarrollado se considera que el estudio de la tecnología aplicada a la extracción de proteínas de leguminosas se convierte en un pilar fundamental para la innovación alimentaria que busca productos con alto valor agregado alineados con las tendencias de diversificación proteica y consumo responsable.

4.5.4. Optimización del perfil sensorial de las leguminosas

Esta particularidad responde a la necesidad de eliminar o modificar los sabores desagradables de las legumbres, mediante diversas tecnologías o procesos, como el tratamiento enzimático, el remojo, el tratamiento térmico, la germinación, la extracción con disolventes y la fermentación (Figura 4.18). La eliminación de sabores desagradables es esencial para el procesamiento de productos alimenticios o ingredientes con una palatabilidad aceptable (Messina, 2025).

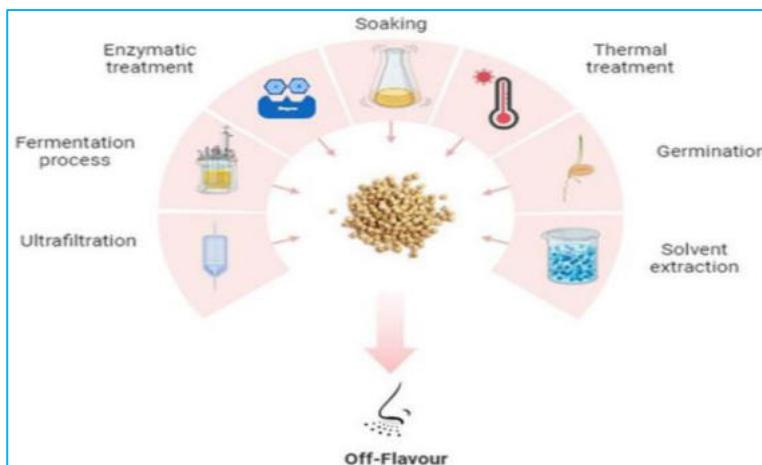


Figura 4.18. Técnicas de procesamiento para modificar sabores

Fuente: Messina, (2025).

En concordancia con los enfoques revisados, la tecnología aplicada a las leguminosas ha permitido optimizar su aprovechamiento, garantizando productos seguros, nutritivos y de alto valor agregado. El desarrollo de procesos como la obtención de harinas y proteínas concentradas, así como la aplicación de tecnologías modernas, demuestra su versatilidad en la industria alimentaria.

4.6. Tecnología de frutos secos y semillas: Bases científicas y aplicaciones

Los frutos secos y semillas abarcan una amplia gama de alimentos con un extenso espectro de aplicaciones, principalmente relacionadas con su consumo en refrigerios saludables (Fadnes & et al., 2023). Los frutos secos, sobre todo, suelen incorporarse a numerosas preparaciones culinarias convencionales y contemporáneas, especialmente en

productos de repostería como galletas, pasteles y chocolate, así como en productos comerciales como salsas, aceites, helados, mantequilla y pastas, cremas untables y una variedad de productos listos para el consumo (Alina & et al., 2024).

Estos alimentos aportan un valor nutricional importante y una buena cantidad de fibra, por lo que resultan una opción muy atractiva para desarrollar productos como snacks, refrigerios saludables, cremas untables, helados y distintas alternativas listas para el consumo. Además, su versatilidad permite integrarlos en propuestas más prácticas y alineadas con lo que hoy buscan muchos consumidores.

4.6.1. Aspectos nutricionales y bioactivos

Los frutos secos según las definiciones botánicas son los que tienen una sola semilla, en esta categoría están las nueces, almendras, avellanas, anacardos, pistachos y pacanas. Respecto a las semillas son plantas embrionarias encerradas en una cáscara densa, en esta categoría están las semillas de chía, calabaza, lino, amapola, sésamo y girasol. Los cacahuets tienen muchas similitudes con los frutos secos, pero botánicamente se clasifican como legumbres (Fadnes & et al., 2023).

Los frutos secos y las semillas tienen cáscaras duras que los recubren. Estas cáscaras están compuestas de macronutrientes como grasas, proteínas, fibra; micronutrientes como magnesio, selenio y vitamina E; y una variedad de otros metabolitos activos como compuestos fenólicos. Contienen también, principalmente ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados. Estudios más amplios sobre los frutos secos han

descubierto que muchos de sus compuestos poseen propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Fadnes & et al., 2023)

4.6.2. Tecnología y aplicaciones en la industria de alimentos

El procesamiento de frutos secos es más específico y técnico. Incluye las siguientes etapas: (Alina & et al., 2024)

- Limpieza, para la eliminación de impurezas;
- Descascarillado, para retirar la cáscara exterior de la nuez y el pelado para la eliminación de la piel que se logra mediante un pelado abrasivo;
- El secado, que puede ser natural, artificial o por métodos modernos. Los procesos de secado actuales utilizan técnicas novedosas, como el secado por infrarrojos y microondas, para reducir el consumo de energía y aumentar la eficiencia del secado.
- El tostado, que sirve para mejorar el sabor y la textura. Puede ser en aceite, que consiste en sumergir a 127 °C por 2 minutos para fritura. El tostado en seco se realiza durante 20-25 minutos a 140-150 °C. Esto produce un fruto seco crujiente con un profundo sabor a nuez.
- El enfriamiento y almacenamiento

Gracias a estos procesos y tecnología modernas, como se observa en la Figura 4.19 los frutos secos se utilizan en una amplia variedad de productos, desde alimentos funcionales hasta formulaciones innovadoras, consolidándose como materias primas estratégicas en la industria moderna (Nuts, 2025).

Otra alternativa es la obtención de mantequilla a partir de cacahuetes, avellanas, almendras, anacardos, nueces de macadamia y pistachos, o sus mezclas. Sin embargo, el proceso es costoso y presenta problemas de oxidación y textura, ya que se elabora principalmente por tratamientos térmicos, para eliminar los tegumentos y la piel, luego la molienda con exposición al aire y la luz antes del envasado. Por esta razón, se permite la inclusión de estabilizantes, sal y azúcar hasta en un 10 %. Sin embargo, el procesamiento puede presentar desafíos debido a su cáscara rígida y a su alto contenido de humedad (Alina & et al., 2024).

El estudio de los frutos secos se ha convertido en una herramienta útil para conocer su importancia y valorarlos como una excelente fuente de nutrientes y compuestos bioactivos. Su adecuada conservación y procesamiento permiten mantener sus propiedades, convirtiéndolos en materias primas versátiles para el desarrollo de alimentos nutritivos y saludables.

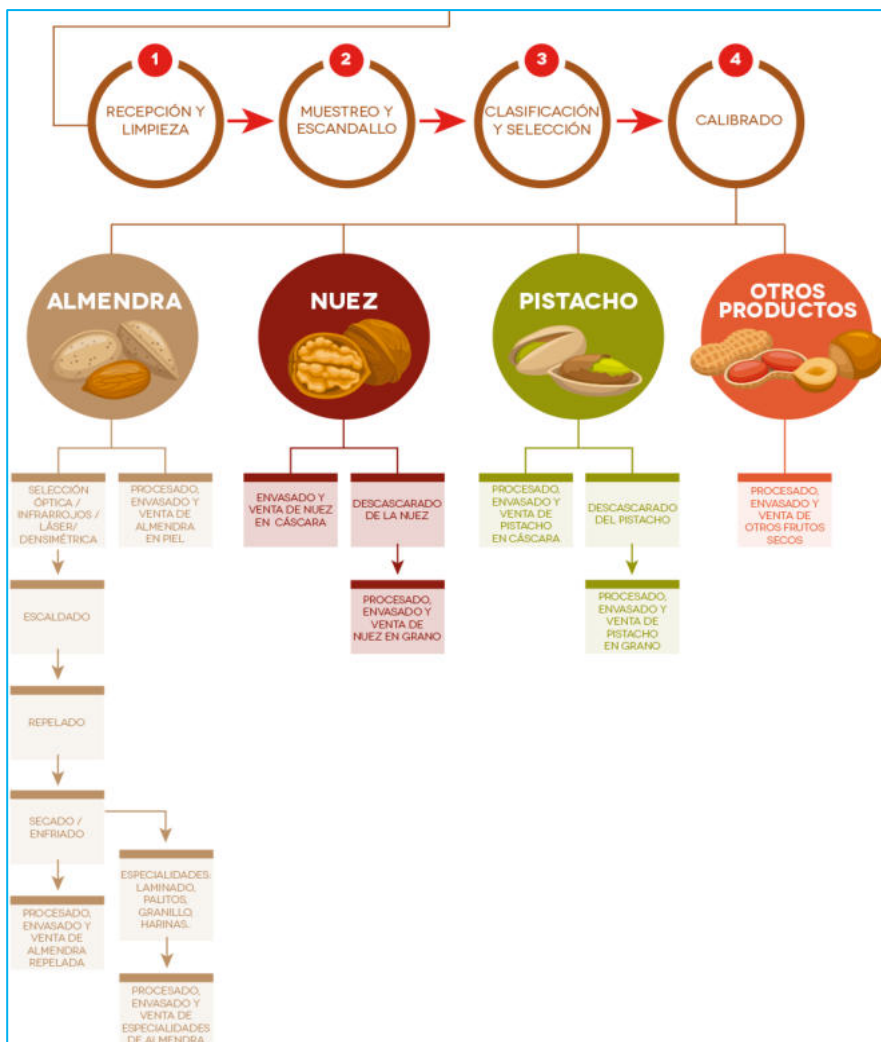


Figura 4.19. Proceso productivo de frutos secos

Fuente: Nuts, (2025)

4.7. Mezclas alimentarias: Proteínas vegetales aminoacídicamente complementadas

La calidad de las proteínas depende de varios factores, y el valor biológico es uno de ellos. Las proteínas con aminoácidos esenciales

tienen un alto valor biológico. Las proteínas de origen vegetal, aunque sostenibles y diversas, presentan limitaciones en su perfil de aminoácidos esenciales (Mistry & et al., 2022). Una alternativa para elevar el valor biológico de las proteínas vegetales es a través de una complementación aminoacídica entre proteínas de origen vegetal (Zhang, 2024).

Algunas fuentes de proteínas alternativas comunes para las dietas veganas incluyen legumbres (lentejas, garbanzos, guisantes y frijoles), granos (quinoa, cebada y trigo), nueces y semillas (almendras, semillas de chía y semillas de calabaza), mico proteína (proteína de una sola célula de hongos) y proteínas de algas que se están desarrollando utilizando tecnología de vanguardia para cultivar hongos, levaduras y células de algas en un entorno controlado, creando una fuente más sostenible de proteínas (Rutwick, y otros, 2023).

4.7.1. Principio de la complementación proteica y perfil de aminoácidos

Las proteínas alternativas, a menudo se consideran proteínas incompletas porque pueden carecer de uno o más de los aminoácidos. Por ejemplo, las legumbres tales como frijoles, lentejas y garbanzos son altas en lisina, mientras que los cereales tales como arroz y quinua son altos en metionina y cisteína (Rutwick et al., 2023).

Tabla 4.6. Perfil de aminoácidos y estrategias de mezclas de proteínas vegetales

| Grupo | Ejemplos | Aminoácido limitante | Aminoácido Alto nivel | Combinación recomendada | Ejemplo de mezcla aplicada |
|-----------------------------|---|--|---|--------------------------------|---|
| Cereales | Trigo, maíz, arroz, avena | Lisina, treonina, triptófano | Metionina, cisteína, treonina, triptófano | Cereal + leguminosa | Maíz + frijol (ejemplo tradicional de Mesoamérica) |
| Leguminosas | Soya, lenteja, frijol, garbanzo, arveja | Metionina, cisteína, triptófano | Lisina, treonina | Leguminosa + cereal | Arroz + lenteja → proteína de alta calidad |
| Semillas oleaginosas | Girasol, calabaza, sésamo, chía | Lisina, isoleucina | Metionina, triptófano | Semilla + leguminosa | Garbanzo + sésamo → hummus (rica en lisina y metionina) |
| Soja (caso especial) | Aislado o harina de soya | Casi completo (leve limitación en metionina) | Lisina, triptófano | Soya + cereal o semilla | Soya + arroz en fórmulas infantiles y bebidas vegetales |

| | | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|---|--|------------------------------------|--|
| Pseudocereales | Amaranto | Muy equilibrados; leves limitaciones en leucina | Metionina, arginina, cisteína, lisina y triptófano | Pseudocereal + leguminosa o cereal | Amaranto + maíz en snacks extruidos |
| | Quinoa | Tirosina y fenil alanina | Lisina, metionina, cisteína | Pseudocereal + leguminosa o cereal | Quinoa + soya en bebidas vegetales; |
| Frutos secos | Almendra, maní, nuez, pistacho | Lisina (excepto pistacho), isoleucina | Arginina, metionina, triptófano | Frutos secos + leguminosa/cereal | Trigo + pistacho en panificación; Avena + maní en barras energéticas |

Fuente: Elaboración propia con base en Mistry & et al., (2022)

En general, las proteínas de cereales presentan un perfil de aminoácidos más equilibrado al combinarse con otras proteínas vegetales como las legumbres, semillas y frutos secos. En la Tabla 4.6 se presenta una clasificación de las proteínas vegetales con su contenido en un nivel bajo y alto de aminoácidos esenciales y algunas alternativas de mezclas alimentarias para su complementación.

Mantener las fuentes de proteínas de origen vegetal en la alimentación ayuda a disminuir los riesgos para la salud, asociados con altos niveles de grasas saturadas y colesterol que están contenidos en las fuentes de proteínas derivadas de animales. Las propiedades funcionales de las proteínas vegetales varían de una fuente a otra. Por ejemplo, el aislado de proteína de soja tiene un sabor neutro y es altamente soluble, por lo que es adecuado para su uso en una variedad de productos alimenticios, tales como barras de proteínas, productos de panadería y aperitivos. Por otro lado, las proteínas alternativas incluyen un impacto ambiental reducido (Rutwick et al., 2023).

4.7.2. Fuentes de proteínas alternativas y aplicaciones en la industria de alimentos

Las fuentes de proteínas vegetales representan una alternativa para el desarrollo de alimentos funcionales. Su aplicación en la industria alimentaria no solo responde a la creciente demanda de productos de origen vegetal, sino que también permite mejorar el perfil nutricional y tecnológico de diversas formulaciones Rutwick, y otros, (2023), señalan algunas alternativas de aplicación de proteínas, entre ellas se tiene:

Proteína de soja. La mayoría de las alternativas de carne de origen vegetal tienen la proteína de soja como su componente principal debido a sus propiedades nutricionales y gelificantes, así como a su capacidad para fabricar estructuras de fibra anisotrópicas. Otras propiedades funcionales de las proteínas de soja incluyen la capacidad de retención de agua, la absorción de grasa y la capacidad emulsionante.

Gluten de trigo. Conocido comúnmente como seitán, se utiliza con frecuencia como un agente aglutinante que puede incorporarse junto con la soja para desarrollar carnes de origen vegetal. Y es que sus propiedades viscoelásticas, tan particulares, le permiten formar un gel elástico que resulta muy útil en la elaboración de espesantes, fortificantes y agentes texturizantes. Además, esa capacidad le da un valor tecnológico importante en productos donde se busca una textura más firme, estable y agradable.

Proteínas de legumbres. Se han investigado legumbres tales como garbanzos, lentejas, guisantes, etc., por sus diversas propiedades funcionales tales como formación de gel, emulsión, estabilización de espuma, etc. El garbanzo es una fuente rica de proteína dietética (17-22%), tiene baja alergenicidad, alta solubilidad y biofuncionalidad, lo que lo convierte en un ingrediente alternativo para la carne de origen vegetal

Proteína de una sola célula. Las proteínas de células individuales (SCP) son proteínas que se derivan de agentes microbianos tales como algas, bacterias, hongos y levaduras. se han utilizado como un

ingrediente activo en la preparación de galletas, bocadillos, fideos, sopas, productos horneados y comidas para bebés.

Proteína de algas. Las microalgas y las macroalgas, es decir, las algas marinas, han formado parte de la alimentación tradicional en muchas culturas, en buena medida por su notable contenido de proteínas. Además, en los últimos años han despertado un interés creciente como una fuente alternativa y viable de proteína para dietas veganas y vegetarianas. Y es que algunas especies pueden alcanzar, e incluso superar, el contenido proteico de fuentes más tradicionales como la carne, la leche, el huevo o ciertas proteínas vegetales.

La verdad es que todo esto sienta una base muy sólida para aprovechar mezclas de fuentes alternativas de proteínas vegetales, complementadas desde el punto de vista aminoacídico, con el fin de lograr perfiles nutricionales más completos y funcionales. De esta manera, se impulsa su uso en la industria alimentaria y en el desarrollo de productos innovadores, cada vez más alineados con lo que hoy buscan los consumidores.

4.8. Ciencia y tecnología de frutas y vegetales

Las frutas y los vegetales son una parte esencial de la alimentación humana, porque aportan agua, fibra, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos que favorecen el bienestar y ayudan a prevenir enfermedades. Además, la verdad es que su valor nutricional los convierte en alimentos muy importantes dentro de una dieta equilibrada. Sin embargo, también son productos bastante perecibles, y es ahí donde surge un reto

importante: conservar su calidad, su inocuidad y su disponibilidad a lo largo del año. Y es que, para lograrlo, resulta necesario desarrollar estrategias adecuadas de conservación y procesamiento que permitan aprovecharlos mejor sin perder sus atributos más valiosos.

4.8.1. Propiedades nutritivas y funcionales

Las frutas y vegetales se consideran partes comestibles de las plantas (por ejemplo, estructuras portadoras de semillas, flores, brotes, hojas, tallos, brotes y raíces), que han alcanzado su estado de madurez, cultivadas o cosechadas en forma silvestre, en estado crudo o en forma mínimamente elaborada (FAO, 2021).

Dentro del valor nutricional de frutas y vegetales se destaca principalmente carbohidratos, minerales, vitaminas, minerales y colorantes naturales, como el betacaroteno, la luteína, la zeaxantina y el licopeno). También son excelentes fuentes de fibra, un componente de gran importancia en la dieta, normalmente poseen alto contenido de agua, pero escaso contenido en grasa y proteínas.

Montero et al. (2022), señala que distintos estudios clínicos han evidenciado múltiples beneficios a la salud asociados al consumo de frutas y vegetales. Estos beneficios están ligados con algunos nutrientes como fibra dietética y sustancias bioactivas, además de las vitaminas A, B, C, y E, polifenoles como flavonoides, tocoferoles, tocotrienoles, alcaloides, saponinas, terpenoides, fitoesteroles, compuestos órgano sulfurados, lactonas sesquiterpénicas, carotenoides, tiocianato y selenio. Los polifenoles juegan un rol importante, dado los efectos positivos

sobre el retardo del envejecimiento celular. El contenido de carotenoides en las frutas es relevante, debido a que estos presentan actividad antioxidante. La fibra dietética juega un rol importante en la salud. Investigaciones previas revelan el efecto bio-protector asociado con la ingesta de este componente en beneficio de una serie de procesos gastrointestinales y fisiológicos. Las empresas de alimentos y bebidas han respondido a esta tendencia al incorporar antioxidantes naturales y fibra en sus productos

4.8.2. Factores que afectan la calidad de frutas y vegetales

Muchas alteraciones ocurren en frutas y vegetales durante el tiempo transcurrido entre la recolección y el consumo y se debe principalmente a factores metabólicos derivados de los procesos fisiológicos de respiración, transpiración, maduración y senescencia naturales. En las frutas y vegetales después de su recolección continua el proceso de respiración durante el almacenamiento (Figura 4.20), lo que lleva a su senescencia o envejecimiento afectando la calidad.



Figura 4.20. Proceso de respiración de frutas y verduras

Fuente: Elaboración propia adaptada con Open AI, (2025)

Los principales factores externos que influyen son la temperatura y composición de la atmósfera de almacenamiento. Temperaturas bajas y/o niveles de oxígeno disminuidos y dióxido de carbono aumentados en la atmósfera pueden prolongar el tiempo de almacenamiento. Los factores internos, como el tipo y el grado de madurez, afectan también la tasa de respiración. Las reacciones biológicas generalmente se duplican por cada aumento de 10 °C de temperatura. A temperaturas altas, puede producirse desnaturalización enzimática, lo que reduce las tasas respiratorias. Si las temperaturas son demasiado bajas, puede producirse una lesión fisiológica que conlleva un aumento de la tasa respiratoria producto (Kandasamy, 2022).

4.8.3. Operaciones de una planta empacadora de frutas y hortalizas

Las frutas y vegetales mínimamente procesados se someten a procedimientos preliminares que no afectan su calidad de fresca, conservan la mayoría de sus propiedades físicas, químicas, sensoriales y nutricionales. Se incluyen frutas en rodajas, las ensaladas de verduras, las frutas y verduras congeladas o deshidratadas, entre otras. (FAO, 2021). Las operaciones de cada planta empacadora tienden a seguir una línea básica de técnicas como se explica en la Figura 4.21.





Figura 4.21. Planta empacadora de frutas y hortalizas




Fuente: Elaboración propia

4.8.4. Procesamiento y conservación: Operaciones preliminares

Las frutas y hortalizas son materias primas que tiene que ser procesada lo antes posible (entre 4 y 48 horas después de la cosecha) para evitar el deterioro. Estas operaciones preliminares, (Tabla 4.7) son generales y se requieren para procesar todas las frutas y vegetales, sea que se empaquen directamente o pasen a otras etapas de procesamiento. Las primeras etapas son similares a las revisadas en el tema sobre las operaciones de la planta empacadora, a partir de ellas se aplican otros procesos, que permiten a su vez el acondicionamiento del producto a nuevas alternativas de elaboración (FAO. CAPITULO 5).

Tabla 4.7. Operaciones preliminares al procesamiento de frutas y hortalizas

| Descripción | Imagen |
|---|--|
| Lavado <ul style="list-style-type: none">• Eliminación de impurezas en la materia prima.• Lavado con agua limpia, potabilizada y/o soluciones químicas a concentraciones establecidas. |  |
| Selección <ul style="list-style-type: none">• En base a madurez, color, forma, tamaño, o presencia de daño mecánico o microbiológico en los productos.• La uniformidad es un factor de calidad relevante. |  |

| | |
|---|--|
| <p>Pelado o mondado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remoción de la piel de la fruta u hortaliza. • Puede realizarse por medios físicos o a través del calor; o mediante métodos químicos para eliminar la pared celular externa de la cutícula. • Favorece la calidad sensorial al eliminar material de textura más firme y áspera. |  |
| <p>Trozado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permite la uniformidad en la penetración del calor en los procesos térmicos y en el secado. • Mejor presentación en el envasado. • Descorazonado de aplicación específica para ciertas frutas como por ejemplo el durazno. |  |
| <p>Escaldado</p> <p>Tratamiento térmico controlado en temperatura y tiempo, útil para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ablandar y obtener un mejor llenado de los envases. • Inactivar enzimas causantes de alteración en olor, sabor y color natural del producto. • Técnicas: Al vapor el más aconsejable. En agua caliente, pero esto produce pérdida de sólidos solubles, como las vitaminas hidrosolubles. <p>Enfriamiento y elaboración de productos.</p> |  |

Fuente: Elaboración propia con base en FAO, CAPITULO 5

4.8.5. Conservación de frutas y vegetales: Principios y métodos tradicionales

Para la conservación de frutas y vegetales se ha desarrollado diversos métodos para evitar el deterioro y desperdicio. Entre los principales se tiene:

Refrigeración. Consiste en disminuir la temperatura del alimento entre 2 °C y 4 °C, lo que retrasa la proliferación microbiana y la acción de las enzimas. Este procedimiento permite que frutas y verduras se mantengan frescas por más tiempo, preservando sus características de sabor y textura.

Congelación. Plachikkattu (2022), plantea el tema desde una visión tanto de conservación como de valor nutricional. Menciona que este método mantiene casi inalteradas las características originales del producto por periodos prolongados de tres meses a dos años en función de la temperatura de almacenamiento. Las frutas se pueden congelar de diversas formas enteras, en mitades o en rodajas y son utilizadas principalmente para elaborar productos tales como conservas, pulpa de frutas, jugos y bebidas. La mayoría de los vegetales pueden ser congeladas exitosamente tales como los chícharos, ejotes, espinacas coles de bruselas, coliflores, brócoli y maíz dulce, así como las papas siendo éstas las de mayor comercialización.

Respecto al valor nutricional la autora señala que las frutas y hortalizas congeladas está en función de la temperatura de almacenamiento y de las operaciones previas a la congelación tales como el escaldado en las hortalizas en la que se afectan principalmente las vitaminas B y C con una disminución del 10 al 30% dependiendo del producto, del método y

el tiempo de escaldado. Durante el almacenamiento congelado la retención de vitamina C en frutas y hortalizas es estable en condiciones de almacenamiento de -10°C a -20°C , siendo aún más estables las vitaminas del complejo B.

En el aspecto técnico puntualiza, que la congelación es un proceso que consta de tres etapas; el enfriamiento del alimento desde la temperatura de ingreso al congelador hasta alcanzar el punto de congelación, extracción del calor latente y enfriamiento del producto hasta la temperatura final. La formación de los cristales de hielo dependerá de la velocidad de congelación.

Deshidratación. Consiste en eliminar gran parte del agua presente en los alimentos para prolongar su vida útil y mantener su estabilidad durante el almacenamiento. Además, al disminuir la actividad de agua, se frena el crecimiento de microorganismos y la acción de enzimas que favorecen el deterioro. Este proceso puede realizarse por distintos métodos, como el secado al sol o con aire caliente. Y es que, además de conservar mejor el producto, la deshidratación reduce su peso, facilita el transporte y disminuye los costos logísticos, sin afectar de forma importante su valor nutritivo cuando se controla adecuadamente.

Liofilización. Es un proceso que consiste en congelar la fruta y luego eliminar el agua por sublimación al vacío, método importante pues conserva la forma, el color y el sabor frutas y verduras. Respecto al valor nutricional, la liofilización maximiza la retención del contenido fenólico total, carotenoides, ácido ascórbico, color y microestructura de la

mayoría de las frutas, en comparación con los métodos de secado convencionales (Huang , 2022).

Pasteurización. Se aplica en productos como pulpas o jugos y es un tratamiento térmico menos drástico que la esterilización, pero suficiente para inactivar las enzimas y la mayor parte de los microorganismos, pero no sus formas esporuladas, por lo que estos productos deben almacenarse en refrigeración y por corto tiempo (FAO, Consultado 2025.)

Encurtidos y fermentados. Los primeros la conservación se realiza principalmente en hortalizas encurtidas en vinagre, previa preparación en una solución de sal (salmuera) concentrada, para envasarlas después en frascos que se llenan con vinagre frío que puede contener diferentes especias. Los frascos normalmente de vidrio deben presentar tapas herméticas. Los fermentados. Las hortalizas se someten a fermentación con ácido láctico en salmuera (FAO, Consultado 2025.).

4.8.6. Tecnologías emergentes de conservación

El consumo de frutas y verduras frescas cortadas (FVC) ha aumentado significativamente, debido a los cambios en los estilos de vida de los consumidores, que demandan alimentos frescos cortados, nutritivos, funcionales, seguros, atractivos y listos para consumir. Sin embargo, los productos FVC son muy sensibles al deterioro y la contaminación microbiana debido a los procesos utilizados en su preparación (por ejemplo, pelado, corte y rallado). Estos procesos causan daños mecánicos a los tejidos vegetales y promueven cambios bioquímicos, degradación microbiana y, como consecuencia, pérdida de calidad. No

obstante, se proponen algunas alternativas para evitar problemas bioquímicos derivados de los daños mecánicos (por ejemplo, la inmersión). Además, se utilizan diversas tecnologías para preservar la calidad de los productos frescos cortados, como la luz ultravioleta, las atmósferas controladas y modificadas, los recubrimientos comestibles, los tratamientos térmicos y el uso de compuestos naturales (Figura 4.22) (Velderrain, 2015).



Figura 4.22. Tecnologías emergentes para preservar la calidad de las frutas y verduras cortadas

Fuente: Velderrain et al., (2015)

Recubrimientos comestibles y envases activos. Retardan y reducen procesos bioquímicos en células vegetales que degradan la calidad.

El uso innovador de compuestos bioactivos como aditivos alimentarios puede mejorar la funcionalidad y calidad nutricional de los alimentos, extender la vida útil y aumentar la aceptación del consumidor. En la Figura 4.23 se describe algunas propiedades funcionales del método y su mecanismo de acción (Velderrain, 2015).

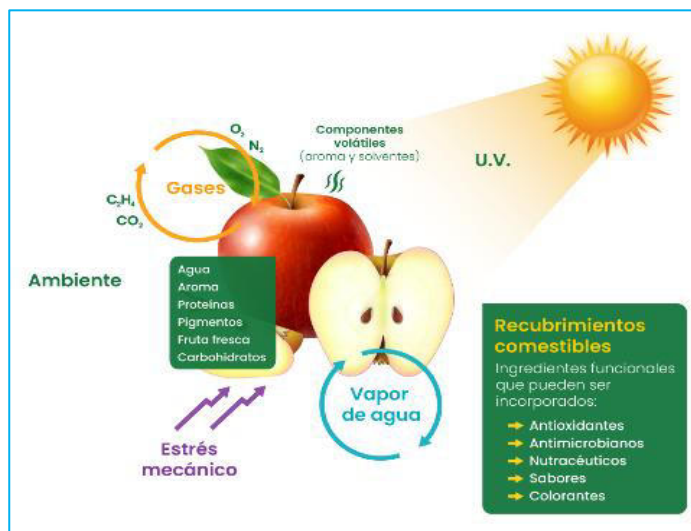


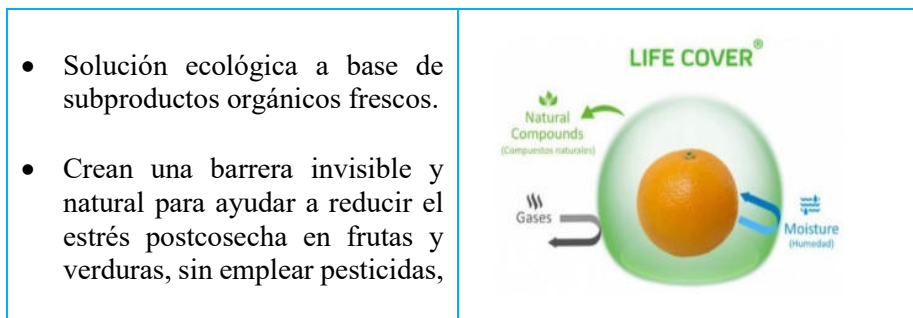
Figura 4.23. Recubrimientos comestibles para frutas frescas

Fuente: Domínguez (2021)

- Controla el intercambio de masa entre los alimentos y el ambiente circundante
- Limita la pérdida de humedad de los tejidos vegetales, y proporciona permeabilidad selectiva a gases y compuestos volátiles,
- Controla la respiración y la senescencia como las atmósferas modificadas.

- Es portador de una amplia variedad de componentes funcionales como antimicrobianos, antioxidantes, agentes anti pardeamiento, nutrientes o compuestos saborizantes y colorantes.
- Favorece la conservación de propiedades mecánicas y preserva las características sensoriales de la fruta, retrasa la maduración y prolonga el tiempo de vida útil.

La ventaja es su sostenibilidad relativa, ya que los biopolímeros utilizados son abundantes y provienen de fuentes renovables. Además, si los componentes del recubrimiento provienen de subproductos, la eficiencia y la sostenibilidad del proceso estarán garantizadas. Hecho consistente con la política de economía circular, que fomenta la cadena de suministro de alimentos para reducir la generación de residuos y la huella de carbono. Estos subproductos pueden derivarse de productos alimenticios infrautilizados, recursos renovables y la recuperación de desechos agroindustriales y marinos. Estos residuos son una fuente de sustancias bioactivas naturales con interesantes actividades antimicrobianas y/o antioxidantes que, a su vez, podrían ser utilizadas para desarrollar películas/recubrimientos activos para la conservación de alimentos Vivar J., (2022). Ejemplo, Figura 4.24.



| | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Manteniendo su calidad hasta en un 200%. • Este producto se aplica en Postcosecha, en el proceso de Packing tradicional de frutas, en reemplazo de la cera tradicional. | |
|--|--|

Figura 4.24. Recubrimiento bioactivo

Fuente: Vivar J., (2022)

Pasteurización con alta presión. Esta técnica se basa en el aumento de la presión isostática en un fluido. El proceso consiste en la introducción de los zumos envasados en un compartimiento en el que además se bombea agua a 6000 bares de presión. Tras unos minutos de tratamiento se inactivan los microorganismos existentes. Posteriormente se descomprime el producto listo para su consumo (Figura 4.25).

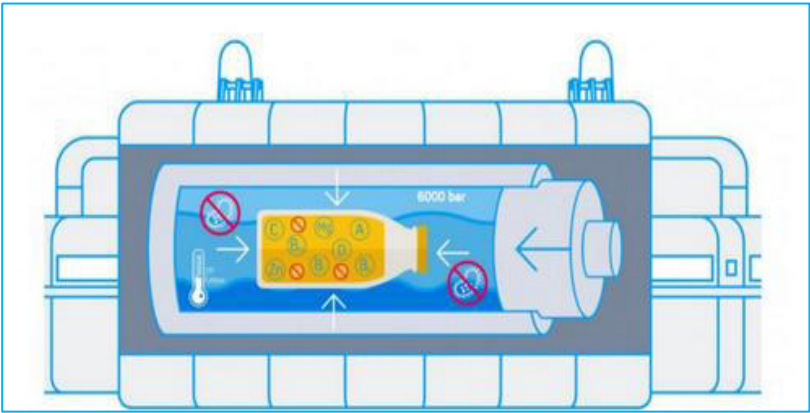


Figura 4.25. Funcionamiento de la pasteurización hiperbárica (HPP)

Fuente: González Díaz (2022)

4.8.7. Tecnología de conservas de frutas: Confituras, jaleas y mermeladas

Las frutas son materias primas de gran valor por su contenido nutricional y sensorial. Su transformación industrial permite obtener una amplia variedad de productos como jugos, conservas, néctares, frutas deshidratadas, licores, etc., que facilitan su conservación y consumo durante todo el año, manteniendo gran parte de sus propiedades naturales. Entre las conservas de frutas se tiene: **confituras, jaleas y mermeladas**, productos fundamentales por su alto valor sensorial, estabilidad y tradición. Para su conceptualización se ha remitido a la información presentada en el *Codex Alimentarius* (CODEX, 2024).

Confitura. Es un producto elaborado a partir de frutas enteras, en trozos, pulpa o puré, ya sea concentrado o no, que se mezcla con ingredientes que aportan sabor dulce y, en algunos casos, con agua. Además, se cocina o procesa hasta alcanzar una consistencia adecuada para su consumo.

Jalea. Es un producto elaborado con el zumo o los extractos acuosos de una o más frutas, mezclado con ingredientes que aportan sabor dulce y, en algunos casos, con agua. Además, se procesa hasta obtener una consistencia semisólida y gelatinosa, característica de este tipo de preparación.

Mermelada de agrios. Producto preparado con una o una mezcla de frutas cítricas y elaborado hasta adquirir una consistencia adecuada. Los ingredientes pueden ser: fruta(s) entera(s) o en trozos, que pueden tener

toda o parte de la cáscara eliminada, pulpa(s), puré(s), zumo(s) (jugo(s)), extractos acuosos y cáscara que están mezclados con productos alimentarios que confieren un sabor dulce, con o sin la adición de agua.

Mermelada sin frutos cítricos. Es el producto que se obtiene al cocinar frutas enteras, en trozos o machacadas junto con ingredientes que aportan sabor dulce, hasta lograr una consistencia semilíquida o espesa y viscosa.

La Tabla 4.8 resume características técnicas de cada producto con rasgos muy específicos.

Tabla 4.8. Comparación técnica entre mermelada, jalea y confitura

| Producto | Ingredientes | Método de preparación | Contenido de SS (°Brix) | Características organolépticas | Características tecno-funcionales |
|------------------|--|--|--------------------------------|--|---|
| Mermelada | Fruta entera o trozada, (40%) azúcar, pectina, ácido cítrico y, opcionalmente, conservante | Cocción de la fruta con azúcar hasta obtener una mezcla espesa en la que los trozos de fruta quedan suspendidos en el gel formado por la pectina | 65–68 | Color brillante y sabor característico de la fruta. Gelificación, semisólida, balance óptimo entre dulzor y acidez | El equilibrio entre pectina, ácido y azúcar determina la formación del gel; una cocción prolongada puede oscurecer el color y afectar el aroma. |
| Jalea | Zumo filtrado de la fruta azúcar, pectina y ácido | El jugo se concentra y se mezcla con azúcar hasta alcanzar el punto de gelificación; se filtra antes del envasado para lograr transparencia | 65–70 | Transparente, brillante y firme | Requiere una relación precisa entre pectina y acidez para lograr una estructura estable y translúcida; ideal para frutas ricas en pectina (manzana, guayaba). |

| | | | | | |
|------------------|--|--|-------|--|--|
| Confitura | Fruta entera o en mitades, azúcar, agua, pectina y ácido | Las frutas se cuecen enteras o en trozos grandes en almíbar concentrado; se busca preservar su forma | 68–72 | Espesa, con piezas enteras de fruta inmersas en jarabe | La textura, depende de la firmeza del tejido vegetal; debe evitar la cristalización del azúcar y disgregación de la fruta. |
|------------------|--|--|-------|--|--|

Fuente: Elaboración propia

4.8.8. Mermeladas: Ingredientes, especificaciones técnicas y posibles defectos

Para una mermelada con características adecuadas, es importante observar sus ingredientes y el papel que desempeñan en la elaboración, siguiendo además especificaciones técnicas como se describe en la Tabla 4.9. Errores en el proceso pueden producir posibles defectos que deterioran la calidad del producto

Tabla 4.9. Ingredientes de la mermelada y especificaciones técnicas

| Ingredientes | Especificaciones |
|---------------|--|
| Fruta (50) % | Deben ser frescas y estar en su punto óptimo de maduración. |
| Azúcar (50) % | <ul style="list-style-type: none"> • Ingrediente esencial, • A través de una óptima del producto se impide la fermentación o la cristalización. • La inversión es un cambio durante la cocción, cuando el azúcar hierve en un medio ácido y si cristaliza implica • Del % de azúcar invertido dependerá que el azúcar no se cristalice nuevamente, deberá estar comprendido entre el 35 a 40 % del total de azúcar, valores fuera de este rango originan que el azúcar en la mermelada se cristalice en el corto o mediano plazo. |
| Ácido cítrico | <ul style="list-style-type: none"> • Las frutas generalmente son ácidas, su valor se expresa en pH y es característico en cada una • Por el pH, en la elaboración de la mermelada la pectina gelífica, por lo tanto, es necesario regular este pH a valores estándar para que se de este cambio: • pH de la fruta Ácido cítrico a añadir • 3.5 a 3.6 1.0 a 2.0 g por kg de fruta • 3.6 a 4.0 3.0 a 4.0 g por kg de fruta • 4.0 a 4.5 5.0 g por kg de fruta • 6.5g á. cítrico (equivale a 100 ml de zumo de limón) • El ácido cítrico es el más utilizado, que además cumple varias funciones en la mermelada, le da el color brillante, mejora el color, evita que se cristalice el azúcar y prolonga el tiempo de conservación. • Alternativas de uso (ácido cítrico comercial o zumo de |

| | |
|--------------|--|
| | limón) |
| Pectina | <ul style="list-style-type: none"> • Gracias a esta sustancia se produce la gelificación de la mermelada. Sin embargo, debe estar presente en concentraciones adecuadas tanto el azúcar como la acidez del medio • Se debe resaltar que la pectina está presente en forma natural en las membranas celulares de las frutas, pero en calidad y cantidad variables según el tipo de fruta y estado de madurez. • Factor que se corrige en el caso de frutas con baja cantidad de pectina, para lo cual se puede adicionar pectina comercial (polvo altamente higroscópico) que se mezcla con el azúcar para evitar la formación de grumos. • La pectina debe añadirse al final de la cocción, ya que pierde su capacidad gelificante si se mantiene a temperatura elevada por largo tiempo, además • Un equilibrio entre la pectina (natural o añadida) y el pH óptimo (3–3.5) son determinantes para la formación del gel. |
| Conservantes | <ul style="list-style-type: none"> • Aditivos químicos que impiden el desarrollo de microorganismos especialmente mohos y levaduras. • A nivel industrial el más utilizado en mermeladas es el benzoato de potasio en un (0,05%) del peso final de la mermelada |

Fuente: Elaboración propia

Los **posibles defectos que puede presentar la mermelada**, pueden ser físicos, químicos o microbiológicos afectando su calidad sensorial y estabilidad. Suelen originarse por errores en la formulación, en el control del proceso térmico o en las condiciones de envasado y almacenamiento. Su identificación y prevención garantizan un producto inocuo (Figura 4.26).

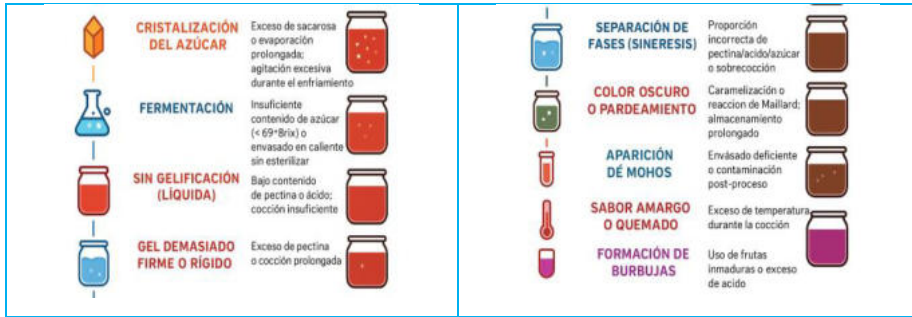


Figura 4.26. Defectos presentes en la mermelada

Fuente: Elaboración propia adaptada con Open AI, (2025)

4.8.9. Tecnología aplicada a la elaboración de vegetales

Las hortalizas constituyen una fuente esencial de vitaminas, minerales, fibra y compuestos bioactivos con importantes beneficios para la salud. Su transformación industrial (Figura 4.27), permite aprovechar la estacionalidad, reducir pérdidas postcosecha y diversificar la oferta alimentaria mediante productos con mayor vida útil. A través de procesos como la esterilización, deshidratación, fermentación, congelación o cocción, se elaboran conservas, encurtidos, salsas, jugos y otros derivados que mantienen gran parte del valor nutritivo original, adaptándose a las necesidades del consumidor y exigencias de calidad e inocuidad.

| | | |
|---|---|----------------|
|  | Conservas vegetales Zanahoria, arveja, maiz, habichuela | Esterilización |
|  | Hortalizas congeladas Brócoli, espinaca, coliflor, pimientos | Congelación |
|  | Hortalizas deshidratadas Tomate, cebolla, ajo, zanahoria | Deshidratación |
|  | Salsas y purés Tomate, pimiento, cebolla, zanahoria | Cocción |
|  | Escabeches y encurtidos Pepinillo, cebolla, zanahoria, coliflor | Fermentación |
|  | Jugos y extractos vegetales Zanahoria, remolacha, apio | Prensado |
|  | Snacks vegetales (chips) Papa, yuca, remolacha, kale | Cristalización |
|  | Sopas y cremas instantáneas Variadas hortalizas mezcladas | Rehidratación |
|  | Fermentados vegetales Repollo, zanahoria, rábano | Fermentación |
|  | Pasta o harina vegetal Espinaca, zanahoria, betarraca | Secado |

Figura 4.27. Principales productos a partir de vegetales

Fuente: Elaboración propia adaptada con Open AI, (2025)

Resulta fundamental considerar que el estudio de la ciencia y tecnología de frutas y vegetales permite optimizar la calidad, seguridad y valor nutricional de los productos. La aplicación de procesos tradicionales, junto con tecnologías emergente, impulsa la innovación y la sostenibilidad en la industria, asegurando alimentos más seguros y de mayor calidad.

CAPÍTULO V

ESTUDIO DEL PERFIL DE NUTRIENTES Y PRODUCTOS ESPECIALES PARA DIFERENTES GRUPOS ETÁREOS

5.1. Introducción

Dentro de los requerimientos para mantener la salud y una calidad de vida adecuada esta seguir una alimentación balanceada, la cual es específica en función del crecimiento, el desarrollo físico y mental, la actividad metabólica y la aparición de ciertas condiciones de salud. Por lo tanto es importante elegir los nutrientes esenciales (proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas, minerales, agua), y la energía necesaria; sin embargo, los patrones de alimentación han experimentado muchos cambios debido a ciertos factores como estilos de vida diferentes, rápida urbanización, mayor consumo de productos altamente procesados, densos en energía y con un elevado contenido de azúcares, grasas saturadas, grasas trans y sodio, factores estrechamente vinculados con el incremento de enfermedades crónicas no transmisibles.

El perfil de nutrientes es una herramienta integral que tiene como objetivo fomentar ambientes alimentarios más saludables y responsables mediante la implementación de políticas efectivas en la prevención de enfermedades producidas por una mala alimentación. Además, permite la categorización de los alimentos y puede utilizarse para alentar la elección de alimentos y bebidas que mejoren la calidad nutricional de la dieta (FINUT, 2016).

Valorar la importancia de una alimentación consciente y reconocer el papel estratégico que desempeña la ciencia y la tecnología en el diseño de productos con valor diferencial, es el objetivo del tema a desarrollarse.

5.2. Rol de la industria alimentaria en la calidad nutricional

El rol de la industria alimentaria es clave, tanto en la oferta como en el valor nutricional de los alimentos ante la creciente tendencia de consumo de productos envasados. Su función debe incluir la reducción de nutrientes a limitar y aumentar los componentes a fomentar al formular los productos. Las iniciativas también integran una composición nutricional objetivo para las diferentes categorías de productos, la implementación gradual para garantizar la aceptación y el cambio de comportamiento del consumidor, y la comunicación colaborativa con los clientes. Dado que, en la composición nutricional, la sal y el azúcar, tiene un impacto directo en el sabor, la estabilidad y la asequibilidad del producto, merece una cuidadosa consideración para lograr un progreso sostenible (Pasquale, 2019).

En consecuencia, el procesamiento de alimentos no solo enfrenta retos técnicos, económicos y regulatorios, sino también una gran responsabilidad frente a la salud de la población. Y es que hoy ya no basta con producir alimentos que sean viables desde el punto de vista industrial o comercial; además, es necesario pensar en cómo impactan realmente en la alimentación de las personas. La verdad es que, por eso, el estudio de los productos elaborados desde una perspectiva nutricional se ha vuelto cada vez más importante, tanto para el diseño de políticas

públicas como para el desarrollo de estrategias de mercado y la mejora en la formulación industrial.

Bajo este criterio, los gobiernos han implementado diferentes acciones para llevar a cabo las estrategias sugeridas por la OMS en relación con el mejoramiento de la calidad de la dieta, tomando medidas respecto al etiquetado de productos alimentarios, creando normativas para el etiquetado frontal del envase, conocido habitualmente como *Front of Pack*, regulando la publicidad sobre alimentos en medios de comunicación (Figura 5.1). Además, la creación de perfiles nutricionales que faciliten a las poblaciones la selección de los alimentos saludables, especialmente en el grupo de alimentos procesados.

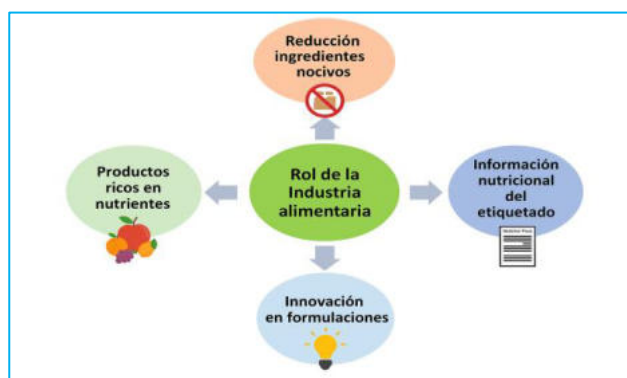


Figura 5.1. Rol de la industria alimentaria en la calidad nutricional

Fuente: Elaboración propia

Ante esta realidad, la industria de alimentos desempeña un rol fundamental al crear y ofrecer productos adaptados a requerimientos específicos, ayudando a evitar enfermedades derivadas de una alimentación insuficiente o de un consumo excesivo.

5.3. Sistema NOVA: Clasificación de alimentos por el grado de procesamiento

El sistema NOVA agrupa los alimentos según la naturaleza, la finalidad y el grado de procesamiento. Comprende cuatro grupos (Tabla 5.1). El sistema NOVA permite estudiar el suministro de alimentos y los patrones de alimentación en su conjunto, en cada país a lo largo del tiempo y entre países. También permite estudiar los grupos de alimentos individuales dentro del sistema (OPS & OMS, 2016)

Tabla 5.1. Clasificación NOVA de los alimentos

| Grupo | Concepto | Ejemplos |
|--|---|--|
| NOVA 1 Alimentos sin procesar o mínimamente procesados | Alimentos naturales que no han sido modificados significativamente o que han pasado por procesos básicos como: trituración, molienda, filtración limpieza, tostado, o para prolongar la vida útil durante su almacenamiento: refrigeración, pasteurización, fermentación o congelación. | Frutas, verduras, cereales, legumbres, leche, huevos, carnes frescas, yogur, agua. |
| NOVA 2 Ingredientes culinarios procesados | Sustancias extraídas de los alimentos del grupo 1, o de la naturaleza que se utilizan para preparar, sazonar y cocinar, pero que no suelen consumirse solas. | Sal, azúcar, aceite vegetal, mantequilla, miel, almidones. |
| NOVA 3: Alimentos procesados | Productos relativamente simples, elaborados a partir de la combinación de alimentos del grupo 1 con ingredientes del grupo 2, mediante procesos como enlatado, fermentación, horneado o curado. | Pan artesanal, quesos, yogur con azúcar, conservas de frutas, pescado enlatado en aceite, embutidos simples, frutos secos y semillas endulzados y salados. Pueden contener |

| | | |
|--|--|---|
| | | aditivos para preservar sus propiedades originales o prevenir la contaminación |
| NOVA 4: Alimentos ultra procesados | Formulaciones industriales: Elaboradas a partir de 5 o más ingredientes más aditivos, como: colorantes, aromatizantes, edulcorantes, emulsificantes, aumentadores de volumen, antiespumantes. Estos productos están listos para el consumo y son de larga duración | Bebidas con gas; snacks dulces o salados; helados, chocolate caramelos; margarina, queso; galletas (bizcochos), mezclas para pasteles; cereales para el desayuno, barritas de cereales y energéticas; bebidas energéticas; bebidas lácteas; yogur y bebidas de fruta; extractos y salsas instantáneas; fórmulas para lactantes; productos “sanos” y de “adelgazamiento”; pasteles, pizza; embutidos, sopas, fideos y postres instantáneos envasados y en polvo. |

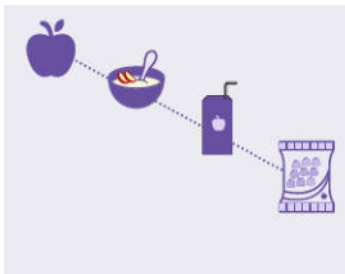
Fuente: Elaboración propia con base en OPS & OMS, (2016)

Unicef, agencia de la ONU advierte, que el consumo creciente de productos ultraprocesados, como bebidas azucaradas, snacks y comidas rápidas, está desplazando a los alimentos frescos y nutritivos contribuyendo a que la obesidad infantil supere por primera vez al bajo peso a nivel mundial (Tabla 5.2)

Tabla 5.2. Alimentos ultraprocesados y riesgos para la salud

| | | |
|--|---|--|
| El procesamiento de alimentos se refiere, por lo general, a cualquier acción que altere los alimentos con | No obstante, los alimentos y bebidas | |
|--|---|--|

respecto a su estado natural, como secarlos, congelarlos, enlatarlos o agregarles sal, azúcares, grasas u otros aditivos para fines de sabor y conservación. La mayoría de los alimentos y bebidas se procesan de alguna manera antes de su compra o consumo.



ultraprocesados son fórmulas de fabricación industrial de sustancias alimentarias, las cuales por lo general contienen cantidades excesivas de nutrientes críticos, como azúcares, sodio y grasas saturadas o trans, y con frecuencia tienen una alta densidad calórica.

El diseño y fabricación de alimentos ultraprocesados están orientados para obtener las máximas ganancias: contienen ingredientes de bajo costo, tienen una vida larga en anaqueles, tienen muy buen sabor y son llamativos y muy comercializados ante los consumidores. Por lo general,



Una amplia y creciente evidencia científica ha encontrado una relación estrecha entre **la ingesta elevada de alimentos ultraprocesados** y **muchos riesgos elevados para la salud**, que incluyen más sobrepeso y obesidad, diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares y mortalidad por todas las causas.

| | | |
|--|--|--|
| | tienen alta densidad calórica y exceso de azúcares libres, almidones refinados, grasas no saludables y sodio. | |
|--|--|--|

Fuente: UNICEF (2023)

5.4. Efectos del procesamiento en el perfil de nutrientes

La evolución en el procesamiento de alimentos ha sido significativa en las últimas décadas, dando respuesta a las exigencias del mercado, la innovación tecnológica y los desafíos de seguridad y conservación. Sin embargo, este progreso y transformación ha producido un efecto tanto en la composición química como en el perfil nutricional de los productos procesados y ultraprocesados, pues estos presentan alto contenido de azúcares, grasas saturadas, sodio y energía, incidiendo sobre todo en el estado de salud del consumidor. Bajo estos aspectos, es indispensable articular la tecnología alimentaria con criterios nutricionales y de salud. Según la PAHO (2016), los perfiles nutricionales surgen como una herramienta técnica clave que permite clasificar los productos por su composición nutricional, establecer límites de nutrientes críticos, orientar la reformulación de alimentos procesados y respaldar políticas regulatorias como el etiquetado frontal o la restricción de publicidad.

La Federación Iberoamericana de Nutrición (FINUT, 2016), ha planteado impulsar políticas basadas en evidencia científica, promover la educación nutricional, prevenir enfermedades relacionadas con la mala alimentación y fomentar hábitos saludables desde la infancia. Además, colabora con organismos internacionales como la OMS, la FAO y UNICEF para enfrentar los desafíos nutricionales globales, como la obesidad, la malnutrición y el impacto de los alimentos ultraprocesados en la salud pública, bajo estos aspectos se hace referencia también a los perfiles nutricionales descritos como un método científico para evaluar la calidad nutricional de los alimentos y bebidas que podría ser utilizado por las autoridades nacionales de diferentes países para promover la salud pública y conseguir los objetivos nutricionales propuestos para la población. Se menciona, además que los perfiles nutricionales son relativamente jóvenes; dentro del etiquetado voluntario de alimentos, desde hace 20 años, se han incluido algunos aspectos relacionados con dichos perfiles.

En el año 2016, fue presentado el “Informe de Perfil de Nutrientes” (OPS), que tuvo como objetivo ser una estrategia para luchar contra el alarmante incremento de sobrepeso, obesidad y enfermedades crónicas no transmisibles, que a la vez coexiste con diversas carencias nutricionales en algunas zonas de América Latina (como ingesta baja de hierro, folato, vitamina A y otros micronutrientes). Su principal estrategia consiste en declarar los nutrientes “críticos” centrándose en los alimentos denominados “ultraprocesados” y revertir las tendencias de consumo hacia una alimentación más tradicional basada en alimentos frescos (FINUT, 2016) (OPS & OMS, 2016).

5.5. Alimentos Funcionales (AF): Pilares para una nutrición y salud integradas

Una confirmación a esta problemática, lo refiere (Fekete, 2025) al puntualizar que, en el siglo XXI, uno de los desafíos de salud pública mundial más apremiantes es la creciente carga de enfermedades no transmisibles (ENT), incluidas las enfermedades cardiovasculares, la diabetes tipo 2, la obesidad y ciertos tipos de cáncer. Advierte que los factores relacionados con el estilo de vida, principalmente la mala nutrición, desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de estas enfermedades crónicas, resaltando que el enfoque de la ciencia de la nutrición se ha desplazado más allá del sustento básico hacia la prevención de enfermedades y la optimización de la salud. Es así, que el concepto de alimentos funcionales ha surgido como un puente entre los hábitos alimentarios tradicionales y la promoción de la salud dirigida.

Las ENT no sólo están relacionadas con el estilo de vida, también son enfermedades fundamentalmente relacionadas con la edad. Su patogénesis está estrechamente entrelazada con los procesos biológicos del envejecimiento, incluyendo la senescencia celular, el estrés oxidativo la regulación epigenética, la disfunción mitocondrial, la pérdida de proteostasis, la inflamación crónica de bajo grado (“*inflammaging*”), la inestabilidad genómica y la señalización neuroendocrina alterada. Nuevas evidencias sugieren que los factores dietéticos ejercen efectos moduladores significativos en estos mecanismos de envejecimiento. Los nutrientes y componentes bioactivos de los alimentos pueden influir en la actividad de vías

moleculares clave como las sirtuinas, mTOR, AMPK y Nrf2, en modular los patrones epigenéticos y la salud mitocondrial, y afectar la función endocrina y la inflamación sistémica. Por lo tanto, la dieta no solo es un determinante de la salud metabólica sino también un factor modificable en la configuración de trayectorias de envejecimiento saludable (Fekete, 2025).

La importancia de estos aspectos ha impulsado la búsqueda de compuestos bioactivos presentes en los alimentos funcionales, que puedan tener un papel importante en la reducción y prevención de ciertas ENT (Rico & Martín Diana, 2023).

5.1.1. Definición y origen de los alimentos funcionales (AF)

En Estados Unidos, en 1994 la Academia Nacional de Ciencias de los Alimentos (National Academy of Sciences Food) y el Comité de Nutrición (Nutrition Board), definieron a los alimentos funcionales como *“alimentos modificados o ingredientes que pueden proveer un beneficio para la salud, más allá de los nutrientes que poseen”* En el año 2004, la American Dietetic Association (ADA) emite un documento institucional sobre los alimentos funcionales, donde los definen como aquellos que tienen potenciales efectos beneficiosos sobre la salud cuando son consumidos como parte de una dieta variada, a niveles efectivos; la definición abarca alimentos integrales, fortificados, enriquecidos o mejorados (diseñados) (Olagnero, 2007).

Origen de los alimentos funcionales o FOSHU

El concepto de AF nació en Japón. En los años 80s, las autoridades

sanitarias japonesas consideraron que, para controlar los crecientes gastos en salud pública, generados por la expectativa de vida de la población mayor, era necesario proporcionar una mejor calidad de vida a esta población, muy respetada por lo demás según los códigos sociales de la población oriental. Se introdujo así un nuevo concepto de alimentos, los que se desarrollaron específicamente para mejorar la salud y para reducir el riesgo de contraer enfermedades en este segmento de la población. Nacieron de esta forma los FOSHU, abreviatura del inglés "Food with Specific Health Uses", que, se caracterizan por tener efectos benéficos específicos en la salud del consumidor (Valenzuela B., Valenzuela, Sanhueza, & Morales I., 2014).

El origen de los alimentos funcionales o *FOSHU* reflejó la convergencia entre la ciencia nutricional y la salud pública en Japón, donde se estableció por primera vez un marco regulatorio específico para reconocer alimentos con beneficios comprobados más allá de la nutrición básica, sentando así las bases del desarrollo global de este tipo de productos, en donde no solo redefinió el papel de la alimentación en la salud, sino que propició una profunda transformación en la industria alimentaria, impulsó la investigación científica en compuestos bioactivos y motivó un diálogo más estrecho entre ciencia, tecnología y regulación.

5.1.2. Categoría de los alimentos funcionales: Un análisis desde la nutrición y tecnología alimentaria

Los alimentos funcionales representan una alternativa muy prometedora frente al complejo problema de las enfermedades no transmisibles,

porque ofrecen la posibilidad de mejorar la salud y reducir el riesgo de enfermedad a través de una alimentación más variada y consciente. Y es que no se trata solo de alimentos que nutren, sino de productos que van un poco más allá. Además de su valor nutricional básico, contienen compuestos bioactivos capaces de influir en funciones fisiológicas del organismo y de contribuir, de manera preventiva, frente a enfermedades crónicas (Fekete, 2025).

Según organismos reguladores y científicos como la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (AESA), la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), los alimentos funcionales pueden ser de origen natural o modificados intencionalmente para mejorar sus propiedades promotoras de la salud (Fekete, 2025). Una clasificación por categorías de los alimentos funcionales se presenta en las Tablas 5.3, 5.4 y 5.5.

Tabla 5.3. Alimentos funcionales de origen natural

| Categoría | Compuestos bioactivos | Función |
|---|---|---|
| Origen natural Con efectos beneficios para la salud | Antioxidantes, polifenoles, flavonoides, fitoquímicos, prebióticos y probióticos. | Favorecen el metabolismo, la respuesta inmunitaria y la regulación de los procesos inflamatorios. |
| Ejemplos: | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Frutas y verduras frescas, cereales integrales, legumbres y ciertos productos lácteos fermentados. • Frutas, como las bayas, particularmente ricas en polifenoles, con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. La presencia combinada de polifenoles y fibras, modifica favorablemente los perfiles lipídicos al reducir los niveles de colesterol total y LDL • Cereales integrales, como la avena, la cebada, la quinoa, son ricos | | |

en fibra dietética, vitaminas B, magnesio y ácido fólico, que en conjunto contribuyen a estabilizar los niveles de azúcar en sangre, reducir el colesterol y mantener el equilibrio del microbioma intestinal

- Productos lácteos fermentados con probióticos (kéfir), ofrece propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y moduladoras del microbioma

Fuente: Elaboración propia con base en Fekete, (2025)

Numerosos estudios clínicos y epidemiológicos confirman que el consumo regular de estos alimentos puede tener un impacto positivo en la salud cardiovascular, las funciones metabólicas y la sensibilidad a la insulina, así como en el bienestar cognitivo y mental. Por lo tanto, los alimentos funcionales naturales no solo forman parte de la ingesta diaria de nutrientes, sino que pueden contribuir activamente al mantenimiento de la salud y a la reducción del riesgo de enfermedades (Fekete, 2025).

Actualmente, por ejemplo, la industria agroalimentaria de galletas cuenta con numerosos alimentos funcionales asociados a alegaciones tanto nutricionales como saludables de gran interés. Estos productos permiten mejorar la percepción del consumidor ante su compra (Rico & Martín Diana, 2023).

Tabla 5.4. Alimentos funcionales modificados

| Categoría | Compuestos bioactivos | Función |
|---|--|--|
| Con adición de nutrientes. Enriquecidos, fortificados | Fitoesteroles, polifenoles, ácidos grasos omega-3, probióticos, prebióticos, | Preventivos o terapéuticos específicos en enfermedades cardiovasculares, dislipidemias o |

| | | |
|---|--|---|
| | | desequilibrios del microbiota intestinal. |
| <p>Ejemplos</p> <ul style="list-style-type: none"> • En alimentos como el yogur, la incorporación de microorganismos, especialmente cepas de <i>Lactobacillus</i> y <i>Bifidobacterium</i>, puede ayudar a restaurar y mantener el equilibrio del microbiota intestinal, además de apoyar el sistema inmunitario y favorecer la digestión. • Se ha observado que la pasta enriquecida con inulina, que actúa como prebiótico, logró reducir de forma significativa la permeabilidad intestinal y los niveles de zonulina. • Se suman los alimentos fortificados con fitoesteroles, como esteroides y estanoles vegetales, que han mostrado efectos positivos en la disminución del colesterol LDL, algo especialmente valioso en la prevención de enfermedades cardiovasculares. • Los ácidos grasos omega-3 poliinsaturados también destacan por sus beneficios fisiológicos y su aporte en la prevención cardiovascular. • La microencapsulación aparece como una alternativa muy prometedora, ya que permite encapsular estos ácidos grasos dentro de una matriz polimérica, generalmente un polisacárido, mejorando su estabilidad y favoreciendo una liberación más controlada. • Los alimentos convencionales con ingredientes funcionales como los polifenoles incluyen: productos horneados enriquecidos con polifenoles; pasta fortificada con harina de zanahoria y hoja de olivo; yogur con polvo de cáscara de mango añadido, con efectos prebióticos mejorados. | | |

Fuente: Elaboración propia con base en Fekete, (2025)

Por lo tanto, la integración de criterios tecnológicos y funcionales garantiza la estabilidad, biodisponibilidad y eficacia de los compuestos bioactivos incorporados, consolidando a los alimentos funcionales como herramientas clave en la prevención nutricional y en la promoción de la

salud pública. Es éxito también de la reformulación de alimentos funcionales reducidos en azúcar, grasa y sal para obtener productos más saludables está sujeto a limitaciones técnicas y requiere la aceptación del consumidor.

Desde una perspectiva tecnológica, la reducción de estos nutrientes plantea retos significativos en cuanto a textura, sabor, estabilidad y biodisponibilidad de los compuestos bioactivos, pero también ha impulsado innovaciones en ingredientes alternativos, como edulcorantes naturales, fibras funcionales, emulsiones estructuradas y agentes encapsulantes.

Tabla 5.5. Alimentos funcionales con reducción de nutrientes críticos (grasa, azúcar, sal)

| Categoría | Función | Ejemplos |
|---|--|---|
| Con reducción o modificación de los ingredientes críticos (grasa, azúcar, sal) | Opción 1: Reducir la cantidad del ingrediente sin sustituirlo | Leche descremada, bebidas bajas en azúcar, pan, pizza y sopas, con bajo contenido de sodio |
| | Opción 2: Utilizar sustitutos del ingrediente | Incluyen almidones, geles, gomas, edulcorantes, cloruro de potasio, sales de glutamato, junto con diversas hierbas y especias |
| | Opción 3: Añadir un agente de carga bajo en calorías | Los carbohidratos, proteínas, emulsionantes, gomas y geles han sustituido a la grasa, proporcionando la textura, la viscosidad y el volumen necesarios. |
| | Opción 4: Tecnología avanzada, para imitar las cualidades sensoriales de la grasa, el azúcar o | Grasas no absorbibles, los cristales de sal alterados y los cristales de azúcar. |

| | | |
|--|---------------------------------|--|
| | la sal, minimizando la cantidad | |
|--|---------------------------------|--|

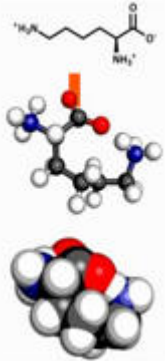
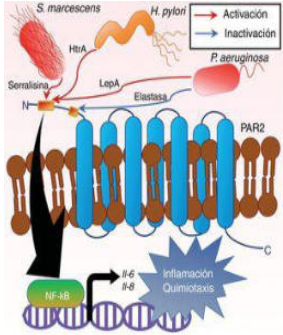
Fuente: Elaboración propia con base en Fekete, (2025)

Los avances científicos y tecnológicos han permitido formular productos con menor contenido de azúcar y grasa que conservan su eficacia funcional, como yogures con probióticos y edulcorantes no calóricos, o barras nutritivas con lípidos estructurados. Sin embargo, el éxito de estas innovaciones no solo depende de su composición nutricional, sino también de la aceptación sensorial, la claridad en el etiquetado y el respaldo regulatorio. En este contexto, los perfiles nutricionales sistemas de etiquetado frontal juegan un papel fundamental en orientar al consumidor y garantizar que estas reformulaciones realmente representen mejoras en la calidad de la dieta.

5.1.3. Compuestos bioactivos en alimentos funcionales

Los beneficios fisiológicos de los alimentos funcionales se derivan de los compuestos bioactivos y factores funcionales presentes en sus materias primas, que incluyen principalmente compuestos bioactivos (Tabla 5.6). Estos componentes funcionales son esenciales para mantener y mejorar la salud humana, y los efectos específicos de cada componente.

Tabla 5.6. Clasificación de compuestos bioactivos en alimentos funcionales

| Aminoácidos péptidos y proteínas | Proteínas microbianas | Alto contenido proteico | Espirulina (70%) Clorella (60%) |
|---|---|-------------------------|---|
|  | <p data-bbox="542 396 852 456">Síntesis de proteínas por microorganismos</p>  | Ficobili-proteínas | Reducen el estrés oxidativo |
| | | Microalgas | Sintetizan selenoproteínas |
| | | Células madre | <ul style="list-style-type: none"> • Para producir: • Vacunas comestibles, • Anticuerpos, • Proteínas de la leche materna, ovoalbúmina, caseína, lactoferrina, • Proteínas terapéuticas y • Péptidos bioactivos |

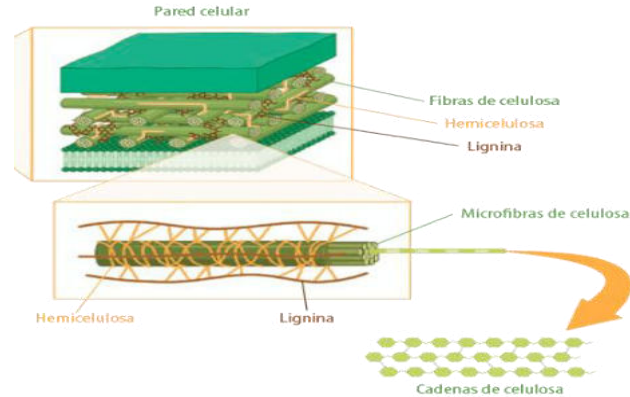
Síntesis de oligosacáridos funcionales por microorganismos

| | |
|--|---|
| | <p>Ruminococcus bromii Rompe la fibra alimentaria y forma oligosacáridos, ácido acético y ácido láctico</p> <p>Bifidobacterium adolescentis Las cadenas laterales de las fibras alimentarias se separan y forman ácido acético y ácido láctico</p> <p>Faecalibacterium prausnitzii Metaboliza los oligosacáridos y ácido acético a ácido butírico y ácido láctico</p> <p>Akkermansia muciniphila Degrada la capa de mucus y forma oligosacáridos y ácido acético</p> <p>El ácido láctico acidifica el medio intestinal (pH↓)</p> <p>El ácido butírico alimenta a las células epiteliales intestinales (+)</p> |
| <p>Alulosa</p> | <p>Edulcorante bajo en calorías, con efectos antidiabéticos y anti obesidad</p> |
| <p>Lacto-N-neotetraosa, la 2'-fucosil-lactosa y la 3-fucosil-lactosa</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Desempeñan un papel crucial en la regulación inmunitaria, el desarrollo cerebral y la regulación de la flora intestinal • Se encuentran en fórmulas infantiles |

Polisacáridos y oligosacáridos funcionales

Polisacáridos no amiláceos, que regulan las funciones biológicas

Fibras dietéticas



- Celulosa, hemicelulosa, lignina y pectina,
- Presentes comúnmente en el apio y los cítricos
- Almidón resistente, presente en los pirenoides de microalgas, así como la goma, la pectina y el mucílago.



Polisacáridos activos

- Polisacáridos de origen animal, (quitosano),
- Polisacáridos vegetales (té, ginseng, astrágalo)
- Polisacáridos microbianos (fúngicos, celulares, euglena gracilis).

Polisacáridos funcionales (prebióticos)

Participan en múltiples procesos bioquímicos beneficiosos, como:

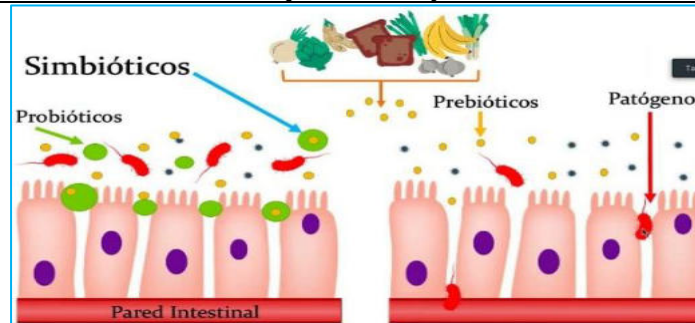
- Síntesis de vitaminas esenciales,
- Activación del sistema inmunitario

| | |
|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Fermentación de carbohidratos regulando la actividad de los microorganismos en el tracto gastrointestinal. • Reducen los niveles de colesterol y azúcar en sangre • Poseen propiedades antioxidantes |
| Ácidos grasos poli y monoinsaturados | |
| <div style="text-align: center;">  <p>Ácido oleico (omega 9) Presente en el aceite de oliva, favorece la reducción de triglicéridos y de colesterol total, e induce la elevación de HDL (lipoproteína de alta densidad).</p> </div> | <p>Ácidos grasos omega 6</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presentes en aceites de soja, cártamo, girasol, nuez y maíz • Reducen los niveles séricos de colesterol <p>Ácidos grasos omega 3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clave en el desarrollo y la función del cerebro y el sistema nervioso. • Reduce los niveles de colesterol y el riesgo de enfermedades cardíacas y accidentes cerebrovasculares. • Principales fuentes, el atún. |
| <p>Fitoquímicos</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Sustancias de origen vegetal tales como los polifenoles, los carotenoides, los flavonoides, las antocianinas y los taninos. • Facilitan la eliminación y la desintoxicación de cancerígenos presentes en el organismo, modulando la acción de ciertas enzimas. |
| <p>Fitoestrógenos</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Moléculas de origen vegetal con estructura química similar a los estrógenos. • Mejoran la sintomatología asociada a la menopausia y tienen efectos positivos en el sistema cardiovascular. • Los más estudiados son las isoflavonas, presentes en la soja y derivados y los lignanos que se |



encuentran en las semillas de lino

Probióticos, prebióticos y simbióticos



- Bacterias **probióticas**, *bifidobacterias* y *lactobacilos*, favorece el balance de la microflora intestinal, inhiben el crecimiento de bacterias nocivas, potencian la función inmunológica. Presentes en productos lácteos (yogur, leche cultivada).
- Los **prebióticos**, polisacáridos no almidón, oligosacáridos no digeribles por enzimas humana, que estimulan selectivamente el crecimiento o la actividad de una o de un número limitado de bacterias probióticas en el colon y beneficia la salud del huésped, se encuentran en el ajo, la cebolla, alcachofal.
- Los simbióticos, combinación de prebióticos y probióticos, obstaculiza la implantación de patógenos

Fuente: Elaboración propia con base en (Yuan, 2024)

En conjunto estos compuestos bioactivos permiten evidenciar que son el componente esencial que otorga a los alimentos funcionales su valor añadido en términos de salud. Su eficacia está condicionada por múltiples factores, incluyendo la dosis, la matriz alimentaria, la forma química del compuesto, su biodisponibilidad y su estabilidad durante el procesamiento.

5.1.4. Nutracéuticos y alimentos funcionales

Rico & Martín Diana (2023), hacen una clara diferencia entre estos dos términos a menudo usados indistintamente, pero que se refieren a conceptos diferentes. Aunque no existe una definición clara de “nutracéuticos” a nivel mundial, el término incluye funciones de promoción de la salud y prevención de enfermedades, detrás del valor nutricional de estos productos. Los nutraceuticos pueden ser clasificados bajo diferentes aspectos, como su origen (animal o vegetal, principalmente), su naturaleza (lípidos y derivados, carbohidratos, lipoproteínas, minerales, vitaminas, isoprenoides, aminoácidos, polifenoles, etc., incluso microorganismos), forma de ser dispensados (tabletas, píldoras, cremas, cápsulas, líquidos y polvos), pero quizá más relevante sea la clasificación por mecanismo de acción, ya que es lo que los distingue de otras categorías de productos, como los suplementos dietéticos.

5.6. Definición de Sistemas de Perfil de Nutrientes (SPN)

La Organización Mundial de la Salud define a los SPN como *“herramientas para clasificar a los alimentos de acuerdo con los*

atributos de su composición nutricional, aplicadas con el objetivo de prevenir enfermedades y promover la salud” (OMS, 2011).

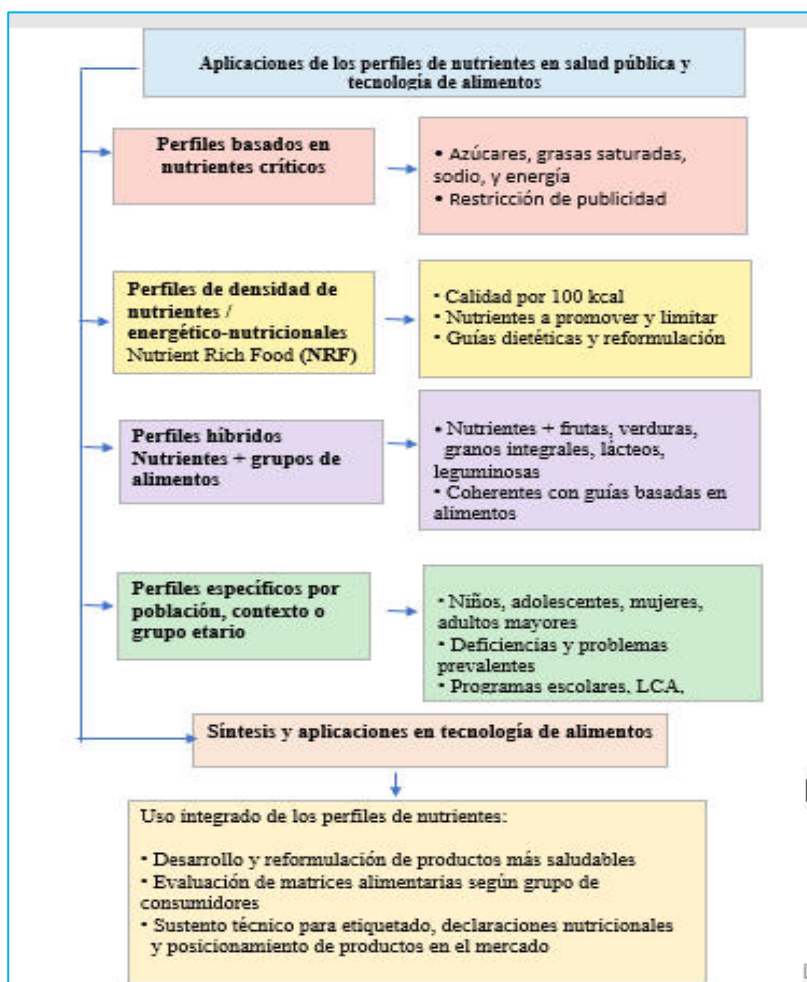
Los SPN desarrollados cumplen con esta definición de diferentes maneras. Cada uno de ellos persigue un objetivo de aplicación y, además, utiliza criterios nutricionales distintos al momento de evaluar y clasificar a los alimentos y bebidas. Esto dependerá del criterio adoptado por la institución responsable de la confección del SPN y es un factor que contribuye en ampliar la diversidad que existe en el mundo (OMS, 2011).

5.7. Aplicaciones de los Perfiles de Nutrientes: Diseño y población objetivo

Como ya se ha mencionado, en el campo de la regulación alimentaria y la salud pública, los perfiles de nutrientes se han convertido en herramientas esenciales para: clasificar alimentos según su contribución positiva o negativa a la dieta; orientar el etiquetado frontal de advertencia; regular declaraciones nutricionales y de salud; e incluso restringir la publicidad dirigida a niños. Diversos autores han propuesto tipologías de modelos que permiten agrupar los sistemas de perfilado según los nutrientes que consideran, la base de cálculo (por 100 g, por 100 kcal o por porción), el uso de nutrientes a promover y a limitar y el grado de adaptación a contextos o grupos de población específicos (Hernandez & Carmuega, 2018). En el desarrollo y aplicación de los perfiles de nutrientes destacan algunos referentes conceptuales resumidos en la Tabla 5.7. Scarborough & Raynery, (2007), quienes ofrecen un análisis del perfil de nutrientes basado en nutrientes críticos;

Drewnowski, (2020), que aporta modelos de densidad de nutrientes como el Nutrient Rich Foods Index (NRF) para evaluar la calidad global de los alimentos; y Fernández & Batlle, (2025), que proponen un enfoque sistemático para la construcción de modelos de perfil de nutrientes aplicables a políticas de salud pública.

Tabla 5.7. Aplicaciones de los Perfiles de Nutrientes



Fuente: Elaboración propia

Se ha observado, que los perfiles de nutrientes se construyen también a partir de guías alimentarias nacionales e internacionales y de la evidencia epidemiológica sobre factores de riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles. Sin duda, la contribución de los SPN aplicados en los diversos ámbitos propiciará un escenario de cambios que podrá impactar en la dieta de los consumidores y, por lo tanto, en su estado de salud. Sin embargo, la educación cumple un rol determinante en este punto ya que será uno de los factores que favorecerán la perdurabilidad de estos cambios en el tiempo.

5.8. Análisis de modelos de perfil de nutrientes: Modelo de la OPS

Los modelos de perfil de nutrientes constituyen herramientas técnicas utilizadas por organismos internacionales y gobiernos para clasificar alimentos y bebidas según su composición nutricional, con el fin de orientar políticas públicas; regulación del etiquetado frontal, que utiliza indicadores visuales o etiquetas con códigos de colores para diferenciar los productos con un mejor equilibrio nutricional; restricción de publicidad dirigida a niños; regulación de las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos (OPS & OMS, 2016). La clasificación de los alimentos según los diferentes sistemas de perfil de nutrientes (SPN) depende, por un lado, de los umbrales o algoritmos, que establecen dos o más niveles de calidad nutricional, (por encima o por debajo del umbral); o aquellos con más opciones (alto, medio, bajo o más de tres alternativas).

Modelo de perfil de nutrientes de la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

La OPS propone un modelo de perfil de nutrientes pensado para aplicarse a todos los alimentos procesados, dejando fuera los alimentos mínimamente procesados, según la clasificación NOVA, y también los ingredientes culinarios como el azúcar, la grasa de cerdo, la manteca, los aceites y la sal. Además, este modelo se apoya en la proporción de nutrientes críticos en relación con la energía total del alimento, algo que se conecta muy de cerca con conceptos como la densidad de nutrientes y la densidad energética. Y es que estas medidas permiten mirar la calidad de un alimento más allá de las calorías que aporta, ayudando a distinguir entre aquellos con exceso de energía y los que presentan un perfil nutricional más equilibrado (Drewnowski, 2020).

La **densidad nutricional** de los alimentos se determina mediante lo que llamamos métodos de perfil nutricional. Estos métodos miden la cantidad de nutrientes específicos que contienen los alimentos (por 100 g, 100 kcal o por porción) y la comparan con las recomendaciones dietéticas, asignándoles una puntuación (Drewnowski, 2020).

La **densidad energética** de los alimentos y bebidas depende de la cantidad de agua (0 kcal/g), carbohidratos (4 kcal/g), proteínas (4 kcal/g), grasas (9 kcal/g) y alcohol (7 kcal/g) que contienen. Por ello, los alimentos hipercalóricos suelen ser secos y ricos en grasas (como galletas, patatas fritas, caramelos, mantequilla, etc.), mientras que los alimentos menos energéticos suelen ser ricos en agua y/o fibra (que nuestro cuerpo no puede digerir ni absorber completamente), como frutas, verduras, sopas de verduras, etc. (Drewnowski, 2018).

A pesar de que los conceptos de energía y densidad de nutrientes ayudan a comprender la composición de los alimentos, se debe tener en cuenta que factores como el tamaño de las porciones o la frecuencia de consumo también influyen en la cantidad de calorías y nutrientes que se obtiene de los alimentos y en la calidad general de la dieta (Drewnowski, 2018).

En particular, los distintos métodos consideran diferentes nutrientes y criterios de evaluación. En la Tabla 5.8 se presenta criterios de comparación.

Tabla 5.8. Lista comparativa de Modelos de Perfil de Nutrientes

| Modelo | Base de referencia | Nutrientes evaluados | Umbrales principales | Relación con densidad nutricional |
|---------------------------|---------------------------|--|---|---|
| OPS (2016) | 100 g o 100 ml | Azúcares libres, sodio, grasas totales, saturadas, energía | Azúcares libres >10% de energía, Sodio >1 mg/kcal, Grasas saturadas >10% de energía | Evalúa nutrientes críticos en relación con energía vínculo directo con la densidad energética |
| OMS Europa (2015) | Categorías de alimentos | Grasas, azúcares totales, sodio, energía | Varía según grupo de alimentos | Busca limitar la densidad energética alta en alimentos procesados |
| Reino Unido (2004) | 100 g/ml | Azúcares, grasas, sodio, fibra, proteínas | Sistema de puntuación | Considera nutrientes “positivos” y “negativos”, más cercano a densidad de nutrientes |
| Chile (2016) | 100 g o 100 ml | Energía, azúcares, | Energía >275 kcal/100 g, Azúcares >10 | Directamente vinculado a densidad |

| | | | | |
|--|--|-------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| | | sodio, grasas saturadas | g/100 g, Sodio >400 mg/100 g | energética y de nutrientes críticos |
|--|--|-------------------------|------------------------------|-------------------------------------|

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, los MPN, permiten evaluar de manera objetiva la calidad de los alimentos procesados, estableciendo límites de nutrientes críticos en relación con el aporte energético. La propuesta de la OPS enfatiza la importancia de la densidad energética y la densidad de nutrientes, evidenciando cómo productos con alta energía vacía, como las bebidas azucaradas, son clasificados como “excesivos”. De esta forma, los MPN constituyen un puente entre la composición nutricional y las políticas de salud pública, contribuyendo a la prevención de enfermedades crónicas asociadas a la alimentación.

5.9. Marco regulador para el uso de declaraciones nutricionales

Según el Codex Alimentarius (2007), las declaraciones nutricionales deberán estar en armonía con la política nacional de nutrición. *Por declaración de propiedades nutricionales se entiende cualquier representación que afirme, sugiera o implique que un alimento posee propiedades nutritivas particulares incluyendo, pero no limitándose a su valor energético y contenido de proteínas, grasas y carbohidratos, así como su contenido de vitaminas y minerales. La declaración de propiedades relativas al contenido de nutrientes describe el nivel de un determinado nutriente contenido en un alimento. (Ejemplos: “Fuente de calcio”; “alto contenido de fibra y bajo de grasa”; en cambio la declaración de propiedades de comparación de nutrientes compara los*

niveles de nutrientes y/o el valor energético de dos o más alimentos. (Ejemplos: “reducido”; “menos que”; “menos”; “aumentado”; “más que”.

En el año 2016, fue presentado el “Informe de Perfil de Nutrientes” de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), tuvo como objetivo ser una estrategia para luchar contra el alarmante incremento de sobrepeso, obesidad y enfermedades crónicas no transmisibles, que a la vez coexiste con diversas carencias nutricionales en algunas zonas de América Latina (como ingesta baja de hierro, folato, vitamina A y otros micronutrientes). Su principal estrategia consiste en declarar los nutrientes “críticos” centrándose en los alimentos denominados “ultraprocesados” y revertir las tendencias de consumo hacia una alimentación más tradicional basada en alimentos frescos (PAHO, 2016) (Tabla 5.9).

Tabla 5.9. Contenido de componentes y concentraciones permitidas por la OPS para los alimentos procesados que contienen grasas, azúcares y sal

| Contenido de componentes y concentraciones permitidas por la OPS | | | |
|---|-------------------------------------|--|--------------------------------------|
| Nivel/Componentes | Concentración “Baja” | Concentración “Media” | Concentración “Alta” |
| Grasas totales | ≤ 3 g en 100 g ≤ 1,5 g en 100 mL | > 3 g a < 20 g en 100 g > 1,5 g a < 10 g en 100 mL | ≥ 20 g en 100 g ≥ 10 g en 100 mL |
| Azúcares | ≤ 5 g en 100 g ≤ 2,5 g en 100 mL | > 5 g a < 15 g en 100 g > 2,5 g a < 7,5 g en 100 mL | ≥ 15 g en 100 g ≥ 7,5 g en 100 mL |

| | | | |
|--|---|---|---|
| Sal (sodio) (sustituido por el Art. 3 del Acdo. 00004832, R.O. 237-S, 2-V-2014) | ≤ 120 mg de sodio en 100 g ≤ 120 mg de sodio en 100 mL | > 120 g a < 600 mg de sodio en 100 g > 120 g a < 600 mg de sodio en 100 mL | ≥ 600 mg de sodio en 100 g ≥ 600 mg de sodio en 100 mL |
|--|---|---|---|

Fuente: World Health Organization. Health (2015)

5.10. Sistema gráfico de etiquetado de alimentos procesados en Ecuador

La implementación de este sistema se realizó en agosto de 2014, para lo cual, el Ministerio de Salud Pública (MSP), conjuntamente con el Ministerio Coordinador de Desarrollo Social (MCDS) y la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA), aprobaron el denominado “Reglamento Sanitario Sustitutivo de Alimentos Procesados para el Consumo Humano 5103” y que se encuentra vigente. El sistema gráfico previsto por el reglamento establece una barra roja para los productos con contenido “ALTO” en grasa, azúcar o sal, la barra de color amarillo, para el contenido “MEDIO”, y la barra de color verde, para el contenido “BAJO” en estos componentes (Figura 5.2).

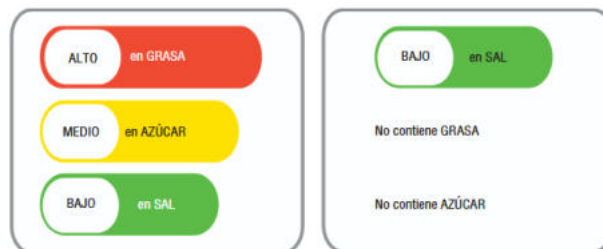


Figura 5.2. Sistema gráfico. del etiquetado de alimentos procesados en Ecuador

Fuente: Ministerio de Salud Pública. Reglamento, (2013)

5.11. Diseño de productos basados en un perfil nutricional específico

Los profesionales involucrados en el diseño de alimentos deben considerar, además de las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas, el impacto nutricional y funcional de sus creaciones. También es importante la evaluación de las tendencias culturales y sociales, con un enfoque en las prácticas sostenibles y los beneficios para la salud del consumidor (Ramírez-Navas & et al., 2024).

5.1.5. Formulación del producto

La formulación basada en perfiles nutricionales no se limita solo a reducir nutrientes críticos; además, busca mejorar el aporte de fibra, proteínas y micronutrientes esenciales, sin perder de vista algo igual de importante: que el producto siga siendo agradable al consumirlo y tecnológicamente viable (PAHO, 2016).

Y es que todo comienza en una etapa inicial donde se define el producto a partir de un perfil nutricional específico. Ese perfil marca los rangos deseados tanto para nutrientes críticos, como azúcares, grasas saturadas y sodio, como para nutrientes beneficiosos, entre ellos fibra, proteínas, vitaminas y minerales. La verdad es que esta formulación exige un equilibrio bastante fino, porque no basta con mejorar el valor

nutricional; también hay que cuidar que la textura, el sabor y la apariencia del alimento no se vean comprometidos. Además, en este proceso resulta clave considerar parámetros regulatorios y perfiles de referencia que orienten la reformulación de acuerdo con estándares nacionales e internacionales. Un ejemplo claro de esto son los modelos propuestos por la OMS/OPS o herramientas como Nutri-Score en Europa, que sirven de guía para reducir grasas trans y sodio, y al mismo tiempo fomentar un mayor aporte de fibra y proteínas (Modelo del Perfil de Nutrientes OPS 2016); Ingesta recomendada OMS); WHO.

En la formulación y/o reformulación de un producto con perfil de nutrientes específicos se puede considerar:

- **Grupo o población relevante:** según edad, sexo y otras características como salud, actividad
- **Reducción de nutrientes críticos:** mediante sustitución parcial o total (ej. reemplazo de azúcares por polioles o edulcorantes bajos en calorías, grasas saturadas por aceites insaturados).
- **Enriquecimiento o fortificación:** incorporación de vitaminas, minerales o proteínas vegetales de alto valor biológico, fibras solubles e insolubles, probióticos, prebióticos y compuestos bioactivos para cumplir con el perfil.
- **Tipo de modelo a utilizar:** Los modelos de perfil nutricional pueden considerar categorías para afirmaciones nutricionales o umbrales específicos para etiquetar los alimentos

- **Equilibrio sensorial y funcional:** asegurar que las modificaciones no afecten negativamente textura, sabor o estabilidad del producto.
- **Evaluación de la densidad energética y calidad calórica:** Otro aspecto que se debe tomar en cuenta para definir el perfil nutricional aparte de la presencia o ausencia de nutrientes críticos, es la proporción de energía en relación con el contenido de nutrientes esenciales. La relación observada en productos con baja densidad de nutrientes y alta densidad calórica llevan a la conclusión que no cumple con los criterios de perfiles saludables.

5.1.6. Selección de ingredientes (materia prima)

La elección del producto a diseñar, así como la selección de las materias primas e ingredientes utilizados en su formulación, es un proceso complejo y multifacético, influenciado por una intrincada combinación de factores, entre los que incluyen aspectos nutricionales, económicos, culturales, tecnológicos, geográficos, ambientales, conductuales y psicológicos. Por otra parte, se debe tener en cuenta que existen factores que dictan las elecciones de los consumidores en la vida diaria, tales como el costo, la conveniencia, las preferencias culturales, las influencias sociales, entre otras. Sin embargo, lo importante es lograr un equilibrio entre satisfacer las expectativas del consumidor y adaptarse a consideraciones prácticas como la calidad del producto (físicoquímica, microbiológica, nutricional, sensorial, etc.). Lo anterior, llevará a focalizar la elección del diseño en los tipos de productos enmarcados en el concepto de generación de impacto en la salud de los consumidores (Ramírez-Navas & et al., 2024).

Sin embargo, al momento de seleccionar los ingredientes no basta con mirar solo su aporte nutricional. Además, es necesario considerar su compatibilidad tecnológica, la disponibilidad en el mercado, los costos y, por supuesto, las preferencias del consumidor. Y es que, en la práctica, un ingrediente puede ser muy valioso desde el punto de vista nutricional, pero no siempre resulta viable dentro del proceso o bien aceptado por quien lo consume. La verdad es que también cobra cada vez más fuerza el uso de ingredientes naturales y la reducción de aditivos artificiales, en línea con la tendencia creciente hacia productos *clean label*.

5.1.7. Optimización tecnológica del proceso

La optimización del procesamiento de alimentos, a través de distintos métodos y tecnologías, está estrechamente ligada al perfil nutricional que tendrá el producto final, así como a su formulación y a la selección de ingredientes. Y es que cada etapa de la cadena de producción, desde la preparación de las materias primas hasta el envasado, puede generar cambios en la composición de nutrientes y, por tanto, influir tanto en la calidad nutricional como en la seguridad del alimento. Además, comprender esta relación resulta clave para ajustar los procesos de manera más inteligente, de modo que no solo se conserven los nutrientes, sino que, en algunos casos, incluso se mejore el perfil nutricional del producto, siempre en línea con los estándares de calidad y con lo que hoy espera el consumidor.

Durante la elaboración de productos se deben considerar aspectos como la densidad nutricional de los ingredientes, las pérdidas nutricionales

durante el proceso y las características de manejo y almacenamiento. Ramírez Navas (2024) (estabilidad físico-química y microbiológica, vida útil y seguridad alimentaria). Sin embargo, se pueden mencionar técnicas que se adaptan a ciertos requerimientos de procesamiento que permitan mantener o mejorar la calidad nutricional del producto, por ejemplo, técnicas como la microencapsulación para proteger nutrientes sensibles (vitaminas, probióticos) de la degradación durante la fabricación y el almacenamiento. Otras tecnologías incluyen procesos de reducción de sal mediante sustitutos de cloruro de sodio, uso de enzimas para modificar la estructura de carbohidratos y optimización de métodos térmicos y no térmicos para conservar nutrientes bioactivos. La innovación tecnológica facilita la reformulación sin comprometer la inocuidad, la vida útil ni las características sensoriales del alimento (FAO, 2025).

Diseño experimental (DoE). En el diseño de productos alimenticios, el DoE se utiliza como una herramienta muy valiosa para mejorar la calidad del producto, optimizar tanto las formulaciones como los procesos de fabricación y desarrollar alimentos más competitivos en el mercado. Además, su aplicación permite tomar decisiones basadas en datos y no solo en prueba y error, algo que, la verdad, hace mucho más eficiente el desarrollo de nuevos productos. Y es que, al ayudar a ajustar mejor cada variable del proceso, el DoE contribuye a obtener alimentos de alta calidad, con características más atractivas y acordes con lo que buscan los consumidores (Ramírez-Navas & et al., 2024).

Diseño de Mezclas. Una de las opciones dentro del DoE es el diseño de mezclas, especialmente útil en productos alimenticios que se desarrollan a partir de la combinación de varios ingredientes, como ocurre en bebidas o alimentos procesados. Y es que este enfoque permite encontrar la proporción más adecuada de cada componente para lograr la mejor combinación posible de características en el producto final, ya sea en contenido de grasa, proteínas, azúcares u otros componentes de interés. Además, la verdad es que resulta muy práctico cuando se busca equilibrar calidad nutricional, funcionalidad y aceptación del consumidor dentro de una misma formulación (Ramírez-Navas & et al., 2024).

Prototipo del producto. Una vez establecida la estrategia y formulado el producto, en esta etapa del proceso, se deberá generar un prototipo rápido que permite realizar un acercamiento a las diferentes materias primas y productos desarrollados para el mercado de alimentos. De este modo, se conoce de manera dinámica el comportamiento del producto, dirección de los ajustes y respuesta inicial de los posibles consumidores, presentando un acercamiento rápido al producto que se planea desarrollar y que posteriormente tendrá una formulación optimizada a través de la realización del diseño experimental (Ramírez-Navas & et al., 2024).

5.1.8. Validación sensorial y aceptación del consumidor

Las pruebas sensoriales sirven para verificar el cumplimiento del perfil (afectivas/descriptivas), pues reducciones de azúcar, grasa o sodio

pueden afectar dulzor percibido, cuerpo, untuosidad y liberación aromática.

5.1.9. Cumplimiento regulatorio y etiquetado nutricional

El etiquetado nutricional debe ajustarse tanto al Codex CXG 2-1985, en lo relacionado con la declaración, los valores de referencia nutricional y la forma de presentación, como a la normativa local aplicable, ya sea sobre advertencias, semáforos, sellos o sistemas como Nutri-Score. Además, también debe respetar el reglamento específico de etiquetado, incluyendo aspectos como el formato, la declaración de nutrientes por porción y por 100 g o 100 ml. La verdad es que, en los últimos años, las tendencias regulatorias han dado cada vez más fuerza al etiquetado frontal, precisamente porque permite al consumidor tomar decisiones rápidas y más informadas al momento de comprar.

Y es que muchas jurisdicciones ya están adoptando, o al menos proponiendo, requisitos más claros e interpretativos en el panel principal del envase. En este contexto, llevar una trazabilidad adecuada de la formulación y mantener coherencia entre la declaración nutricional, los perfiles nutricionales y las alegaciones del producto resulta fundamental para evitar no conformidades y asegurar que la información ofrecida sea clara, consistente y confiable (Codex Alimentarius 2024) y (PAHO 2020).

La aplicación de un SPN, en la implementación de un etiquetado frontal (EF) de alimentos y bebidas es imprescindible. El EF se presenta de manera gráfica en la cara principal o frente del envase de los productos con el objetivo de garantizar una información veraz, simple y clara al

consumidor respecto del contenido nutricional de los alimentos y bebidas

5.1.10. Aseguramiento de la calidad

La implementación de sistemas de control para verificar la consistencia del perfil nutricional implica monitorear parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, así como realizar análisis de laboratorio para confirmar concentraciones de nutrientes clave. Además, se evalúa la estabilidad de los nutrientes durante la vida útil del producto y se valida el cumplimiento de las regulaciones de etiquetado nutricional y declaraciones de propiedades saludables, asegurando que el producto cumpla con los estándares de seguridad alimentaria y conserve los beneficios nutricionales prometidos hasta el momento de su consumo.

5.12. Aplicación del SPN en un producto elaborado

Modelo elegido OPS, (semáforo nutricional), producto (galletas de quinoa-amaranto con zanahoria)

Fórmula general para cada aporte de nutriente:




Aporte del Nutriente en g = (100 g de mezcla x g nutriente en la mezcla) / g mezcla total

Semáforo nutricional para 100 g de producto

Rangos (MSP Ecuador):

- **Grasas totales:** Bajo ≤ 3 g ; Medio > 3 y ≤ 17.5 g ; Alto > 17.5 g
- **Azúcares totales:** Bajo ≤ 5 g ; Medio > 5 y ≤ 22.5 g ; Alto > 22.5 g
- **Sodio:** Bajo ≤ 120 mg ; Medio > 120 y ≤ 600 mg ; Alto > 600 mg

Tabla de datos y resultados

| Ingrediente/Cantidad (g) | | Valor Nutricional | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----|-------------------|--------------|---|-------------------|--------|---|-----------|--|
| | | Energía kcal | Proteína (g) | Grasa total (g) | Grasa saturada(g) | CH (g) | Azúcar (g) | Fibra (g) | Sodio (mg) |
| Harina de quínoa | 50 | 184 | 7 | 3 | 0.4 | 32 | 0.5 | 1.4 | - |
| Harina de amaranto | 50 | 186 | 7 | 3.5 | 0.8 | 33 | 0.8 | 1.3 | - |
| Zanahoria cruda | 25 | 10 | 0.2 | - | - | 2.5 | 1.8 | 0.7 | - |
| Mantequilla | 25 | 179 | 0.3 | 20 | 12.8 | - | - | - | - |
| Azúcar | 25 | 97 | - | - | - | - | 25 | - | - |
| Huevo entero | 50 | 74 | 6 | 5 | 1.6 | - | - | - | 70 |
| Mezcla total | 225 | 750 | 20.5 | 31.5 | 15.6 | 67.5 | 28.1 | 3.4 | 70 |
| Mezcla | 100 | 333.3 | 9.1 | 14 | 6.9 | 30 | 12.5 | 1.5 | 31.1 |
| Semáforo en 100 g de producto | | | | Medio  | | | Medio  | | Bajo  |

Notas técnicas

- El cálculo está en base a la **formulación cruda**. El **horneado** cambia el contenido de agua y puede **aumentar** (por concentración) o **disminuir** (por pérdidas) los valores **por 100 g** del producto final.
- Para la etiqueta oficial, se presenta el análisis del **producto horneado** o ajustar con **rendimiento y merma**.
- Si la mantequilla fuese con **sal**, el sodio podría subir

En conclusión, los perfiles de nutrientes son herramientas clave para traducir la ciencia de la nutrición en decisiones concretas de etiquetado, reformulación y políticas de salud pública. Bien diseñados (ya sean basados en nutrientes críticos, densidad, modelos híbridos o específicos por población), permiten clasificar los alimentos de forma coherente con las guías dietéticas y orientar a la industria y al consumidor hacia elecciones más saludables y sostenibles, fortaleciendo el rol de la tecnología de alimentos en la prevención de las enfermedades crónicas no transmisibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AESAN. (2021). Obtenido de <https://www.comunidad.madrid/servicios/salud/declaraciones-nutricionales-propiedades-saludables-alimentos>
- Akhila, P. (2022). Desarrollos en ciencia y tecnología de los alimentos. doi:doi:https://doi.org/10.55289/jnutres/v10i1_22.12
- Alejandro, C. (s.f.). Obtenido de <https://pdfcoffee.com/proceso-de-leche-fluida-4-pdf-free.html>
- Alejandro, C. (2025). Obtenido de <https://pdfcoffee.com/proceso-de-leche-fluida-4-pdf-free.html>
- Alina, M., & et al. (2024). An Overview of the Characteristics, Advantages, and Uses of Nuts. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/383483576_An_Overview_of_the_Characteristics_Advantages_and_Uses_of_Nuts
- Araneda, M. (2024). Carnes y derivados (cecinas). Obtenido de <https://www.edualimentaria.com/carnes-cecinas-composicion-propiedades>
- Araneda, M. (2024). Legumbres, composición y propiedades. Obtenido de <https://www.edualimentaria.com/legumbres-composicion-y-propiedades>
- ARCSA. (2015). **NORMATIVA TÉCNICA SANITARIA PARA ALIMENTOS PROCESADOS, PLANTAS PROCESADORAS DE ALIMENTOS, ESTABLECIMIENTOS DE DISTRIBUCIÓN, COMERCIALIZACIÓN, TRANSPORTE Y ESTABLECIMIENTOS DE ALIMENTACIÓN COLECTIVA.** Obtenido de <https://www.controlsanitario.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2015/12/Resolucion_ARCSA-DE-067-2015-GGG.pdf

- Avelar, Z., & et, a. (2024). Protein quality of cereals: Technological and functional perspectives. *Journal of Cereal Science*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2024.103922>
- Belitz, H. -D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry (5th ed.)*. Springer. Retrieved from <https://books.google.com.ec/books?id=xteiARU46SQC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- Bócoli, P. F. (2025). Perspectives on Eco-Friendly Food Packaging: Challenges, Solutions, and Trends. *Foods*. doi:<https://doi.org/10.3390/foods14173062>
- Bolarinwa, I. (2019). Nutritional Value of Legumes in Relation to Human Health: A Review. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/341267553>
- Brown, P., & Dave, D. (2021). Current freezing and thawing scenarios employed by North Atlantic fisheries: Their potential role in Newfoundland and Labrador's northern cod (*Gadus morhua*) fishery. doi:<https://doi.org/10.7717/peerj.12526>
- Bulgaru, V., & et al. (2025). Characterization of Plant-Based Raw Materials Used in Meat Analog Manufacture. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11817097/pdf/foods-14-00483.pdf>
- Burgos , C. (2023). Microencapsulación: una tecnología que potencia la calidad y la innovación de los alimentos. Pontificia Universidad Católica de Chile. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=iYWeBJOWX10>

- Cabrejos, A. (consultado 2025). Obtenido de <https://pdfcoffee.com/proceso-de-leche-fluida-4-pdf-free.html>
- Castañeta, H., & at al. (2011). Microencapsulación, un método para la conservación de propiedades fisicoquímicas y biológicas de sustancias químicas. *Revista Bolivariana de Química*.
- Cheng , H., Xu, H., McClements, D., Chen, L., Jiao, A., & Tian, Y. (2022). Recent advances in intelligent food packaging materials: Principles, preparation and applications. *Food Chemistry*, 375, 131738. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131738>
- Clant, A. (2024). Microbial innovations in food and industrial microbiology: A mini review. *Journal of Food & Industrial Microbiology*, 11(331). Obtenido de <https://www.hilarispublisher.com/open-access/microbial-innovations-in-food-and-industrial-microbiology-a-mini-review-107799.html>
- Clark, M., Springmann, M., Hill, J., & Tilman, D. (2019). Multiple health and environmental impacts of foods. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(15), 9790–9796. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.1906908116>
- Codex Alimentarius. (2007). *Etiquetado de los Alimentos. Quinta edición. DIRECTRICES PARA EL USO DE DECLARACIONES NUTRICIONALES Y SALUDABLES CAC/GL 23-19971*.
- Codex Alimentarius 2024. (s.f.). *GUIDELINES ON NUTRITION LABELLING*.
- CODEX, C. A. (2024). NORMA PARA LAS CONFITUAS, JALEAS Y MERMELADAS. Obtenido de <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh->

proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B296-2009%252FCXS_296s.pdf

Comisión del Codex Alimentarius. (2024). ENMIENDAS A LA NORMA GENERAL PARA EL ETIQUETADO DE LOS ALIMENTOS PREENVASADOS (CXS 1-1985) DISPOSICIONES RELATIVAS A FORMATOS DE PRESENTACIÓN CONJUNTA Y ENVASES. Canadá.

Commission., C. A. (2021). *Guidelines on front-of-pack nutrition labelling (CXG 2-1985, Annex 2)*. FAO/WHO. Obtenido de <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>

Dan Cristian Vodnar, J. V. (2021). Recent Advances in Microbial Biotechnology for the Food Industry. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/354858260_Recent_Advances_in_Microbial_Biotechnology_for_the_Food_Industry

Das, R., & et al. (2023). The Fundamentals of Bread Making: The Science of Bread. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/370828942_The_Fundamentals_of_Bread_Making_The_Science_of_Bread

Del Rio, Q. (2020). Cereales integrales. Obtenido de <https://www.hydroclean.com.py/2020/10/08/cereales-integrales/>

Domínguez , M. (2021). Edible Coating Based on Banana Starch and Chitosan for Postharvest Conservation of Guava. *Journal of Food Processing and Preservation* 46(1): e16154.

- Dominguez, L. (2020). Una revisión regulatoria internacional de las afirmaciones relacionadas con la salud alimentaria en el etiquetado de productos alimenticios funcionales. *Elsevier*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103896>
- Drewnowski, A. (2018). Densidad del nutriente: Abordar el desafío de la obesidad. *British Journal of Nutrition*.
- Drewnowski, A. (2020). New Nutrient Rich Food Nutrient Density Models That Include Nutrients and MyPlate Food Groups. doi:<https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00107>
- Duarte-Silva, L., & Sombra-Vásquez, V. (2024). Aspectos nutricionales y alimentarios en la producción de cereales para el desayuno y su efecto en la salud. doi:<https://doi.org/10.4067/S0717-75182024000300247>
- Durán Ramírez, F. (2007). *Manual del Ingeniero de Alimentos*. Grupo Latino Ltda. Obtenido de <https://plataformaestphuando.com/wp-content/uploads/2023/02/Manual-del-Ingeniero-de-Alimentos.pdf>
- Ecoembes. (2019). Obtenido de <https://oxocarbenio.wordpress.com/2018/11/07/puede-el-envase-transmitir-quimicos-al-alimento/>
- El-tahlawy, A. S. (2025). Green processing technology of meat and meat products: A review. *THEORY AND PRACTICE OF MEAT PROCESSING*, 10(1). doi:<https://doi.org/10.21323/2414-438X-2025-10-1-32-44>

- Fadnes, L., & et al. (2023). Nuts and seeds – a scoping review for Nordic Nutrition Recommendations. doi:<https://doi.org/10.29219/fnr.v68.10483>
- FAO & OMS. (2019). Documentos de debate sobre las directrices generales para el establecimiento de perfiles de nutrientes para el etiquetado de alimentos. Programa conjunto FAO/OMS sobre normativas alimentarias. Comité del Codex sobre nutrición y alimentos para regímenes es.
- FAO. (2016). HANDBOOK ON FOOD LABELLING TO PROTECT CONSUMERS. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/71b7d4e0-966e-45c5-9f74-da5ebc133f66/content>
- FAO. (2021). Frutas y verduras esenciales en tu dieta. Año internacional de las frutas y verduras. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a7fbf654-32d4-4f88-bfde-6ec900deb5dc/content>
- FAO. (2025). *Etiquetado de alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <https://www.fao.org/food-labelling/es>
- FAO. (Consultado 2025.). Métodos de elaboración y conserva. Obtenido de <https://www.fao.org/4/t0073s/t0073s08.htm>
- FAO. CAPITULO 5. (s.f.). Proceso. Descripción general de los procesos. *FAO.Métodos de conservación*. Obtenido de <https://www.fao.org/4/x5062s/x5062s08.htm>
- Fekete, M. (2025). Alimentos funcionales en la ciencia nutricional moderna: mecanismos, evidencia e implicaciones para la salud

- pública. *Nutrients*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2072-6643/17/13/2153>
- Fellows, P. J. (2021). *Food Processing Technology: Principles and Practice (5th ed.)*. Woodhead Publishing.
- Fernández, A., & Batlle, L. (2025). Design of a nutrient profiling model for life cycle assessment of “superfoods” to address nutritional deficiencies and enhance. doi:<https://d-nb.info/1367479975/34>
- FINUT. (2016). *Perfiles nutricionales: Intencionalidad científica versus impacto real en salud pública*. Fundación Iberoamericana de Nutrición. Obtenido de [https://www.finut.org/wp-content/uploads/2016/03/Perfiles_Nutricionales_18032016_con Portadas.pdf](https://www.finut.org/wp-content/uploads/2016/03/Perfiles_Nutricionales_18032016_con_Portadas.pdf)
- Garrote, P. (2022). Liofilización: ¿qué es y qué procesos implica? BARNALAB Liofilizados. Obtenido de <https://www.barnalab.com/blog/proceso-de-lioofilizacion-y-etapas/>
- Ghaani, M. (2016). Panorama general de las tecnologías de envasado inteligentes en el sector alimentario. *Tendencias Food Sci. Technol.* 2016;51:1-11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.02.008>
- González Diaz, S. (2022). Métodos de desinfección, conservación y estabilización para frutas y hortalizas. Obtenido de https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/metodos_de_desinfeccion_conservacion_y_estabilizac
- González-Enríquez, L., & García-Pérez., E. (2022). Implementación de un sistema de gestión de calidad e inocuidad alimentaria en una

- comercializadora de alimentos. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/944/94472192002>
- Guías BPA. (s.f.). Obtenido de https://www.sfe.go.cr/Publicaciones/Manual_BPA_6_%20Rastrearabilidad_Trazabilidad.pdf
- H&N Internacional. (2025). *Recomendaciones para la aceptación de materias primas en una planta de alimentos*. Obtenido de https://hn-int.com/wp-content/uploads/2025/08/01_0824-Raw-Materials-2.pdf
- Hanco, J. M. (2020). La homogeneización a ultra-alta presión (UHPH): Efectos en la. doi:<http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v31n2/1609-9117-rivep-31-02-e17934.pdf>
- Hemavathi, A., & Siddaramaiah, H. (2023). Food Packaging: Polymers as Packaging Materials in Food Supply Chains. *Department of Polymer Science and Technology, Sri Jayachamarajendra College of Engineering, Mysuru, India*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/367982013>
- Hernandez, M., & Carmuega, E. (2018). *Sistemas de Perfilado Nutricional: Bases Metodológicas para su Análisis*. Argentina. Obtenido de <https://cesni-biblioteca.org/archivos/Sistemas-de-Perfilado-Nutricional-Hernandez-Digital.pdf>
- Herrera, L. (2014). Mejoramiento de los procesos productivos en una empresa de embutidos con la aplicación de buenas prácticas de manufactura. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8195/3/CD-5719.pdf>

- Herrero, A., & Romero de Avila, M. (2006). Innovaciones en el procesamiento de alimentos: Tecnologías no térmicas. Obtenido de <https://revistas.unav.edu/index.php/revista-de-medicina/article/view/7633/6687>
- Huang, S. (2022). A review of freeze drying and its impact on fruits and vegetables. Obtenido de <https://ecommons.cornell.edu/items/e163dbc8-d873-4909-be2e-1ee313d459b0>
- Ibarz, A., & Barbosa-Cánovas, G. (2011). *Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos*. Madrid - México: Mundi-Prensa. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=Bb4J6pzmG_wC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false
- Ikram, A., & et al. (2023). Revisión exhaustiva de las propiedades bioquímicas y tecnológicas del centeno. doi:<https://doi.org/10.101080/10942912.2023.2244697>
- ISO 22000. (s.f.). Norma Internacional. Obtenido de https://www-iso-org.translate.goog/iso-22000-food-safety-management.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- ITSQMET. (s.f.). *Los 5 Métodos de Procesamiento de Alimentos*. Obtenido de <https://itsqmet.edu.ec/wp-content/uploads/2025/03/Los-5-Metodos-de-la-industria-alimentaria.pdf>
- Jaen, J. (2022). Identificación y análisis de contaminantes en alimentos procedentes de los envases. Obtenido de <https://oai.e->

spacio.uned.es/server/api/core/bitstreams/62e53ae8-e14d-48f8-9b7d-faaf3cb739b4/content

- K. V. Muhammed Rameez, & et al. (2024). Biopreservation of Food Using Probiotics: Approaches and Challenges. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/383714664_Biopreservation_of_Food_Using_Probiotics_Approaches_and_Challenges
- Kandasamy, P. (2022). Respiration rate of fruits and vegetables for modified atmosphere packaging: a mathematical approach. *Journal of Postharvest Technology*, 10(1): 88-102. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/358532606_Respiration_rate_of_fruits_and_vegetables_for_modified_atmosphere_packaging_a_mathematical_approach
- Khan , A., & et al. (2023). Emerging technologies in food processing and preservation. Obtenido de https://www.foodresearchjournal.com/article/110/4-2-11-950.pdf?utm_source
- Kumar, A., Sunny, D., Mrinal, S., Ankita, K., Nishit, P., & Archana, K. (2024). Enzimas microbianas y aplicaciones importantes en la industria alimentaria: una revisión concisa. Retrieved from <https://fppn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s43014-024-00261-5>
- Lázaro, A. (2023). Metodos de conservación modernos para de frutas. Obtenido de <https://www.lazayafruits.com/es/blog-de-frutas-en-conserva/metodos-de-conservacion-modernos-para-frutas/#:~:text=La%20refrigeraci%C3%B3n%20y%20la%20congelaci%C3%B3n,conserva%20su%20sabor%20y%20textura.>

- Libro-pedia. (s.f.). *www.elbibliote.com*. Obtenido de https://www.elbibliote.com/libro-pedia/manual_csnaturales/5grado/capitulo2/tema01.php?g=5&c=2&t=1
- Lisboa , H., & et al. (2024). Innovative and Sustainable Food Preservation Techniques: Enhancing Food Quality, Safety, and Environmental Sustainability. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/18/8223>
- Lizárraga-Chaidez, M., & et al. (2024). The Innocent Environmental Impact of Whey. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-81962023000200088
- Maddaloni, L., & et al. (2025). Natural Compounds from Food By-Products in Preservation Processes: An Overview. *MDPI*. doi:<https://doi.org/10.3390/pr13010093>
- Maroulis, G. D. (2011). Food Process Engineering Operations. Obtenido de https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781420083545_A37902219/preview-9781420083545_A37902219.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Maurya, N. K. (2025). Thermal processing in food preservation: A comprehensive review of pasteurization, sterilization, and blanching. *Journal of Nutrition and Food Processing*, 8(5), 1–7. doi:<https://doi.org/10.31579/2637-8914/307>
- Meijer, G. W. (2025). Nutrición y ciencia y tecnología alimentaria: Sidmbiosis vital para la salud sostenible. Alimentos futuros. Volumen. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100593>

- Messina, V. (2025). Pulse Proteins: Processing, Nutrition, and Functionality in Foods. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2304-8158/14/7/1151>
- Minchala Hidalgo, R., & et al. (2025). Herramientas digitales para la inocuidad y trazabilidad alimentaria en cadenas de suministro. *Ciencia Latina*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/388868204_Herramientas_digitales_para_la_inocuidad_y_trazabilidad_alimentaria_en_cadenas_de_suministro
- Ministerio de Salud Pública. (2013). *anitario Sustitutivo de Etiquetado de Alimentos Procesados para el Consumo Humano 5103*. Quito: MSP; 2013. Registro oficial N° 318. Obtenido de <http://copal.org.ar/wp-content/uploads/2015/07/ago-25-2014-sup.-2-ecuador.pdf>
- Minj , S., & Anand, S. (2020). Las proteínas de suero y sus derivados: bioactividad, funcionalidad y aplicaciones actuales. doi:<https://doi.org/10.3390/dairy1030016>
- Mistry, K., & et al. (2022). Plant based proteins: Sustainable alternatives. Obtenido de <https://doi.org/10.14719/pst.1652>
- Montero, M., Rojas-Garbanzo, C., Usaga, J., & Pérez, A. (2022). Composición nutricional, contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante hidrofílica de frutas costarricenses seleccionadas. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/437/43769732009/4376973200>

- Müller, P., & Schmid, M. (2019). Embalaje inteligente en el sector alimentario: Breve Resumen. Alimentos. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6352026/>
- Muthuvelu, K., & et al. (2023). Biopreservative technologies of food: an alternative to chemical preservation and recent developments. Obtenido de https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10348988/?utm_source
- NORMA INEN 1334-1. (2016). ETIQUETADO NUTRICIONAL PARTE II. REQUISITOS. Obtenido de <https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/12/NTE-INEN-1334-1-Rotulado-de-Productos-Alimenticios-para-consumo-Humano-parte-1.pdf>
- Nowak , D., & Jakubczyk, E. (2020). The Freeze-Drying of Foods— The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7603155/pdf/foods-09-01488.pdf>
- Nuts, B. A. (2025). Obtenido de <https://borges-bain.com/industrial/>
- Olagnero , G. (2007). Alimentos funcionales: Conceptos, Definiciones y Marco Legal. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/259802369_Alimentos_funcionales_Conceptos_Definiciones_y_Marco_Legal
- Olmedilla, B., & et al. (s.f.). Papel de las leguminosas en la alimentación actual. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-revista->

espanola-nutricion-humana-dietetica-283-articulo-papel-las-
leguminosas-alimentacion-actual-X2173129210523381

OMS. (2011). *Perfil de nutrientes: informe de una reunión técnica de la OMS/IASO*, .

OPS, & OMS. (2016). *Alimentos y bebidas ultraprocesados en América Latina ventas: tendencias, efecto sobre la obesidad e implicaciones para las políticas públicas*. Obtenido de https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/7698/9789275318645_esp.pdf

PAHO. (2016). *Modelo de perfil de nutrientes de la Organización Panamericana de la Salud*. Washington, D.C. Obtenido de <https://iris.paho.org/handle/10665.2/18621>

PAHO 2020. (s.f.). *Front-of-package labeling as a policy tool for the prevention of noncommunicable diseases in the Americas*. Obtenido de https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52740/PAHONMHRF200033_eng.pdf?sequence=6&isAllowed=y

Papageorgiou, M. (2018). María Papergeorginou.2018. Introducción al procesamiento de cereales y subproductos. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/323167448_1_-_Introduction_to_cereal_processing_and_by-products

Pasquale, F. (2019). Seguridad alimentaria, nutrición y salud. Obtenido de https://www-sciencedirect-com.translate.google.com/topics/food-science/nutrient-profiling?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=t
c

- Plachikkattu , A. (2022). Historical Developments in Food. *JOURNAL OF NUTRITION RESEARCH*.
doi:<https://jnutres.com/articles/historical-developments-in-food-science-and-technology>
- Portal Académico CCH. (2017). Aspectos generales e importancia de la fermentación. Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia1/unidad2/fermentacion/importancia>
- Praveen, M., & Brogi, S. (2025). Fermentación microbiana en las industrias de alimentos y bebidas: innovaciones, desafíos y oportunidades. Obtenido de https://pmc-ncbi-nlm-nih-gov.translate.google/articles/PMC11719914/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- Ramírez-Navas, J., & et al. (2024). Etiquetado nutricional: revisión de su enfoque integral. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*. doi:<https://doi.org/10.23850/24220582.6591>
- Rico, D., & Martín Diana, A. (2023). Nutraceuticos y alimentos funcionales aliados para la salud: la necesidad de un diseño “a medida”. *Nutrición Clínica en medicina*. Obtenido de <https://nutricionclinicaenmedicina.com/wp-content/uploads/2023/07/1.-NUTRACEUTICOS.pdf>
- Romero, R. D., & Mestres, J. (2004). *Productos lácteos : tecnología*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/374480594_Productos_lacteos_tecnologia#fullTextFileContent

- RUNXIANG. (s.f). *Alimentos inflados de maiz*. Obtenido de <https://www.rxpathingmachine.com/info/how-to-make-corn-snacks-83304830.html>
- Rutwick, S. U., Rajeev, R., Alok, M., Anushree, P., Brijesh K., T., & Gaurav, R. (2023). A review of alternative proteins for vegan diets: Sources, physico-chemical properties, nutritional equivalency, and consumer acceptance. *Food Research International*.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113479>
- Sami al, h. (2023). Synergizing food safety, quality and genetic improvement: the intersection of food microbiology and processing. *Bulletin of Biological and Allied Sciences Research* ISSN:2521-0092. Obtenido de <https://bbasr.org/index.php/home/article/view/44>
- Samir, A., Ashour, F., Abdel Hakim, A., & Bassyouni, M. (2022). Avances recientes en polímeros biodegradables para aplicaciones sostenibles. *npj Materials Degradation*, 6:6. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/s41529-022-00277-7>
- Scarborough, J., & Raynery, M. (2007). Desarrollo de modelos de perfil nutricional: un enfoque sistemático. doi: <https://doi.org/10.1017/S1368980007223870>
- Sothis. (2025). Gestión y control de los procesos en el Sector Cárnico. Obtenido de <https://www.sothis.tech/gestion-y-control-de-los-procesos-en-el-sector-carnico/>

- Stadnik, J. (2024). Nutritional Value of Meat and Meat Products and Their Role in Human Health. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2072-6643/16/10/1446>
- Subd. General de Higiene y Seguridad Alimentaria. (2016). Información Nutricional. ¿Cómo leer las etiquetas de los alimentos? España. Obtenido de <https://www.madrid.org/bvirtual/BVCM017931.pdf>
- Suychinov, A., & et al. (2025). Revolución del procesamiento de la carne: un nexo de avances tecnológicos, sostenibilidad y evolución de la carne cultivada. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/378927222_Revoluting_meat_processing_a_nexus_of_technological_advancements_sustainability_and_cultured_meat_evolution
- Tali, A., & et al. (2024). Modern trends and techniques for food preservation. *Food and Life*. Obtenido de <https://doi.org/10.5851/fl.2024.e6>
- Toledo, R., & et al. (2021). Fundamentals of Food Process Engineering. *Springer*. Obtenido de <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-38720-8>
- UnADM. (2025). Balance de masa y energía y operaciones unitarias. Obtenido de https://dmd.unadmexico.mx/contenidos/DCSBA/BLOQUE2/ER/05/EBMOP/unidad_02/descargables/EBMOP_U2_Contentido.pdf
- UNICEF. (2023). *Etiquetado frontal nutricional de alimentos*. Obtenido de <https://www.unicef.org/lac/media/40881/file/Etiquetado-frontal-de-advertencia-nutricional.pdf>

- Valenzuela B., A., Valenzuela, R., Sanhueza, J., & Morales I., G. (2014). Alimentos funcionales, nutraceuticos y foshu: ¿vamos hacia un nuevo concepto de alimentación? Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182014000200011>
- Vega , S. (2014). Estructura del almidón. Obtenido de <https://www.udocz.com/apuntes/760903/digestion-enzimatica-del-almidion>
- Velderrain, G. (2015). Technologies in Fresh-Cut Fruit and Vegetables. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/301930973>
- Velderrain, G., Quiros, A., Aguilar , G., Siddiqui , M., & Ayala J., F. (2015). Chapter 5. Technologies in Fresh-Cut Fruit and Vegetables. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/301930973>
- Vivar, J. (2022). Tecnología de conservación para frutas que disminuye la huella de carbono. Obtenido de <https://bioseries.bionatsolutions.com/tecnologia-de-conservacion-para-frutas-que-disminuye-la-huella-de-carbono/>
- Wang, Y., & et al. (2021). Metabolism Characteristics of Lactic Acid Bacteria and the Expanding Applications in Food Industry. *Frontiers*. doi:10.3389/fmicb.2021.701086.
- WHO. (2015). Health in 2015. Obtenido de <http://www.who.int/gho/publications/mdgs-sdgs/en/>
- Xiaochun , Z., & et al. (2021). Una revisión de la tecnología de procesamiento de quesos generales, las vías bioquímicas de sabor y la influencia de las levaduras en el queso. Obtenido de

https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8358398/?utm_source=chatgpt.com

- Yamid Pismag, R., & et al. (2014). Effect of extrusion cooking on the chemical and nutritional properties of instant flours: a review. Obtenido de <https://f1000research.com/articles/12-1356/v2>
- Yan, M., Hsieh, S., & Ricacho, N. (2022). Innovative Food Packaging, Food Quality and Safety, and Consumer Perspectives. doi:<https://doi.org/10.3390/pr10040747>
- Yuan, X. (2024). Producción industrial de alimentos funcionales para la salud humana y la sostenibilidad. doi:<https://doi.org/10.3390/foods13223546>
- Zhang, W. (2024). Proteins from Legumes, Cereals, and Pseudo-Cereals: Composition, Modification, Bioactivities, and Applications. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11241136/>
- Zimon, D., & et al. (2020). Development of Key Processes along the Supply Chain by Implementing the ISO 22000 Standard. *MDPI*. doi: <https://doi.org/10.3390/su12156176>
- Zugasti Murillo, A. (2025). Etiquetado Nutricional. *SEEN. Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición*. Obtenido de https://www.seen.es/ModulGEX/workspace/publico/modulos/web/docs/apartados/1504/030720_025857_4685866298.pdf



Principios y aplicaciones de la tecnología de los alimentos, se publicó en el mes de abril de 2026.

ISBN: 978-9907-802-06-1

**Grupo Editorial BLR
Ecuador
Cel: +593 98 320 4362
[https://grupobl.com/
publicaciones@grupobl.com](https://grupobl.com/publicaciones@grupobl.com)**

BIOGRAFÍA DE LOS AUTORES

Isabel Enma Guerra Torres:

Doctora en Química, formación de posgrado en Docencia Universitaria e Investigación Educativa y en Procesamiento de Alimentos. Docente e investigadora de la carrera de Nutrición y Dietética (ESPOCH). Autora de publicaciones científicas que integran áreas del conocimiento en Ciencias de la Salud, Ingeniería de Alimentos, Ciencias Químicas, Educación e Innovación.

PRINCIPIOS Y APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Estimado lector. El texto presenta la obra Principios y Aplicaciones de la Tecnología de los Alimentos, la cual define a esta disciplina como una ciencia estratégica e interdisciplinaria que amalgama conocimientos de química, microbiología e ingeniería para garantizar la seguridad y sostenibilidad alimentaria. A lo largo de sus capítulos, el libro propone un recorrido que va desde la evolución histórica y los fundamentos científicos de la materia, hasta la aplicación técnica en la industria moderna, siempre bajo un enfoque ético orientado a proteger la salud del consumidor y responder a la creciente demanda global.

En su desarrollo, la obra analiza componentes críticos del sistema alimentario como el envasado y el etiquetado, describiéndolos no solo como herramientas de protección, sino como medios informativos esenciales para el consumo responsable. Asimismo, profundiza en las operaciones industriales de transformación y conservación, destacando la importancia de normativas de calidad como ISO y HACCP. El análisis se extiende también a la naturaleza de las materias primas animales y vegetales, cuya comprensión molecular permite optimizar la calidad sensorial y nutricional de los productos finales.

Finalmente, el texto aborda la relación entre tecnología y nutrición, haciendo especial énfasis en el diseño de alimentos funcionales y productos adaptados a diferentes grupos de edad. Mediante el uso de herramientas como el sistema NOVA y los perfiles de nutrientes, la autora busca promover entornos alimentarios más saludables. En conclusión, la obra se presenta como un recurso pedagógico y científico que invita a estudiantes y profesionales a reflexionar críticamente sobre la innovación tecnológica, integrando la eficiencia industrial con la responsabilidad social y la sostenibilidad ambiental.

Agradecemos a todos los lectores que se acercan a esta obra con ánimo de aprender, aplicar y transformar.



Grupo Editorial BLR
Ecuador
Cel: +593 98 320 4362
[https://grupobl.com/
publicaciones@grupobl.com](https://grupobl.com/publicaciones@grupobl.com)

ISBN: 978-9907-802-06-1



9 789907 802061