

POLITEXT

Mercè Raventós Santamaria

Industria alimentaria Tecnologías emergentes

EDICIONS UPC

Industria alimentaria Tecnologías emergentes

POLITEXT

Mercè Raventós Santamaria

Industria alimentaria Tecnologías emergentes

EDICIONS UPC

La presente obra fue galardonada en el noveno concurso
"Ajut a l'elaboració de material docent" convocat per la UPC.

Primera edición: marzo de 2005

Diseño de la cubierta: Manuel Andreu

© Mercè Raventós, 2003

© Edicions UPC, 2003
Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL
Jordi Girona Salgado 31, 08034 Barcelona
Tel.: 93 401 68 83 Fax: 93 401 58 85
Edicions Virtuals: www.edicionsupc.es
A/e: edicions-upc@upc.es

Producción: Copisteria Miracle, SL
Rector Ubach 6-10, 08021 Barcelona

Depósito legal: B-4159-2005
ISBN: 84-8301-790-3

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.

Agradecimientos

Son muchas las personas y entidades que han hecho posible que este libro sea una realidad.

Quisiera mencionar, en primer lugar, a los estudiantes de Industrias Alimentarias de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), muy especialmente aquellos que han desarrollado el trabajo final de carrera realizando una gran tarea de búsqueda bibliográfica y de recopilación, acogiendo todo tipo de propuestas que les formulaba y adaptando todo lo que se les iba indicando. En particular, quisiera mencionar a Raquel Alarcón, en relación con el tema de tratamientos por altas presiones; a Ivan Bolívar, en lo referente al tratamiento por pulsos eléctricos; a Montse Mas, en el tema de la irradiación; a Juan José Calabuig, con quien comencé a trabajar la extracción con fluidos supercríticos, y, especialmente, a Sònia Duarte, en tecnología de membranas y por su colaboración como becaria aportando todo tipo de sugerencias al libro. Agradezco también a la profesora y compañera Trinitat Pradell la amabilidad con que accedió a desarrollar el tema de la irradiación de los alimentos aprovechando su experiencia en otros campos de los materiales.

A la Fundación Triptolemos le agradezco la buena predisposición al tratar sobre las tendencias futuras en la tecnología de los alimentos.

También quisiera agradecer la ayuda recibida del Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, que financió la preparación de material docente con el fin de aplicar tecnologías más limpias en la industria alimentaria, y de la alumna Dolors Asensio, que trabajó en calidad de becaria.

Gracias, finalmente, a la UPC por financiar este material en el noveno concurso de ayudas a la elaboración de material docente y facilitar su edición a través de Edicions UPC.

Prólogo

Introducir un libro puede ser un compromiso, un reto o una satisfacción. Ahora me encuentro en este último caso. Éste es un libro que firmaría con los ojos cerrados por dos razones fundamentales, como mínimo: su intencionalidad a favor de la formación y la divulgación especializada, y el entusiasmo que rezuman los argumentos racionales que expone la profesora Mercè Raventós.

La doctora Raventós no ha preparado el libro siguiendo encuestas favorables. La expresión “tecnologías emergentes” en procesos relacionados con productos alimentarios tiende a producir rechazo actualmente entre el gran público. Por tanto, este libro ha sido más bien fruto de una convicción profesional y un enfoque que compartimos, según los cuales este tema debe ser objeto no tan sólo de investigación científica sino también de una seria divulgación-información a todos los niveles hasta llegar a nosotros como consumidores de alimentos procesados. En vuestras manos tenéis ya el primer resultado de este intento.

La humanidad necesita alimentos como parte intrínseca de su mecanismo biológico y, a medida que el conocimiento va avanzando, vamos profundizando en los detalles: la nutrición, la funcionalidad, la seguridad alimentaria y la calidad en todos los aspectos (higiénica, sensorial, etc.). Si queremos que esto sea posible y que las disponibilidades sigan la curva de población, hay que disponer de tecnología. La seguridad y la calidad de vida comienzan con una buena alimentación. Es incongruente creer en la aplicación de los avances de la ciencia en los ámbitos de las comunicaciones, las energías, la astrofísica, la medicina, etc., y beneficiarse de ellos y, en cambio, no hacerlo cuando se trata de alimentación (y, además, penalizarla). Existen muchos factores que intervienen en esta posición pero, en todo caso, el esfuerzo por romper este dualismo interpretativo pasa por el conocimiento, la formación y el diálogo entre los cuatro operadores principales que intervienen en el fenómeno alimentario: los productores primarios, las empresas de elaboración de alimentos, los investigadores y la sociedad. Por este motivo, cuando la autora nos presentó su proyecto tan completo, la Fundación Triptolemos¹ sólo tuvo que proporcionarle el contacto y la colaboración de personas de estas cuatro

¹ La Fundación Triptolemos es una fundación privada que tiene como objetivo favorecer el desarrollo y conocimiento del mundo agroalimentario. Actualmente está formada por los siguientes patronos: Excmo. Sr. Frederic Mayor Zaragoza (presidente), Casademont SAU, Confederación de Cooperativas Agrarias de España, Confederación de Consumidores y Usuarios, Corporación Alimentaria Peñasanta SA, Danone SA, Freixenet SA, Gallina Blanca SA, Nestlé España SA, Nutrexpa SA, Panrico SA, Rabobank International, Unilever Foods España SA, Universitat Autònoma de Barcelona, Universitat de Barcelona, Universitat de Girona, Universitat de Lleida, Universitat Politècnica de Catalunya y Universitat Rovira i Virgili.

grandes áreas para poder recoger en esta obra una multivisión global del futuro de las tecnologías tanto en los aspectos técnicos como en los sociales.

Deseo, por tanto, que el lector de este libro actúe también de correa de transmisión para contribuir a formar una conciencia colectiva lo bastante racional que permita a la sociedad beneficiarse de las ventajas de las tecnologías emergentes en el mundo agroalimentario con el fin de obtener una mayor disponibilidad. Asimismo, animo a la profesora Mercè Raventós a proseguir en el estudio de nuevas alternativas, de las cuales, según me consta, ya tiene confeccionada una lista.

Secretario de la Fundación Triptolemos

Ramon Clotet Ballús

Índice de contenidos

1 Introducción

1.1 Objeto del presente material	17
1.2 Antecedentes	17
1.3 Por qué tecnologías emergentes?.....	18
1.4 Desglose del libro.....	21
1.5 Bibliografía.....	22

2 Tratamientos por altas presiones en la conservación y transformación de alimentos

2.1 Introducción	25
2.1.1 Antecedentes históricos	25
2.1.2 Definición del proceso.....	25
2.1.3 Campo de aplicación.....	26
2.2 La tecnología de alta presión.....	27
2.2.1 La cámara de alta presión y su cierre.....	27
2.2.2 Generación de alta presión.....	28
2.2.3 Diseño del equipo industrial	29
2.2.4 Seguridad de la instalación	31
2.2.5 Sistemas de tratamiento con productos envasados	32
2.2.6 Sistemas de tratamiento con productos líquidos a granel	34
2.2.7 Estimación del coste de tratamiento	37
2.3 Efecto de las altas presiones sobre los microorganismos	40
2.3.1 Probables mecanismos de inactivación de las células vegetativas	40
2.3.2 Probables mecanismos de inactivación de esporas	41
2.3.3 Factores que afectan a la destrucción de células vegetativas	42
2.3.4 Factores que afectan a la destrucción de esporas.....	47
2.3.5 Efectos de la alta presión sobre virus y parásitos.....	49
2.4 Efectos de las altas presiones sobre los componentes de los alimentos.....	50
2.4.1 Introducción.....	50
2.4.2 Efectos sobre el agua	51
2.4.3 Efectos sobre los lípidos	52

2.4.4 Efectos sobre los hidratos de carbono.....	52
2.4.5 Efectos sobre las proteínas.....	53
2.4.6 Efectos sobre las enzimas.....	55
2.4.7 Efectos sobre las vitaminas.....	59
2.4.8 Efectos sobre la calidad sensorial del alimento	60
2.5 Aplicación de las altas presiones en la industria alimentaria.....	61
2.5.1 Lácteos y derivados	61
2.5.2 Productos cárnicos y derivados.....	64
2.5.3 Ovoproduitos.....	66
2.5.4 Pescado y derivados.....	66
2.5.5 Vegetales y derivados	68
2.5.6 Bebidas alcohólicas	70
2.6 Aplicación de las altas presiones con sistemas combinados.....	70
2.7 Tendencias actuales	71
2.8 Bibliografía.....	72

3 Pulsos eléctricos de alta intensidad de campo en la conservación de alimentos

3.1 Introducción	77
3.1.1 Antecedentes.....	77
3.1.2 Principio físico.....	79
3.1.3 Propiedades eléctricas de los alimentos	80
3.2 Tecnología y equipos.....	81
3.2.1 Componentes	81
3.2.2 Cámaras estáticas	84
3.2.3 Cámaras continuas	85
3.2.4 Cámaras de campo eléctrico convergente.....	87
3.3 Generación de pulsos con diferente forma de onda.....	87
3.3.1 Pulsos exponenciales	87
3.3.2 Pulsos de onda cuadrada	88
3.3.3 Pulsos oscilatorios	89
3.3.4 Pulsos bipolares	89
3.4 Efectos de los pulsos eléctricos sobre los microorganismos	90
3.5 Factores críticos que afectan a la inactivación microbiana.....	92
3.5.1 Intensidad de campo	92
3.5.2 Tiempo de tratamiento.....	93
3.5.3 Forma del pulso	94
3.5.4 Temperatura de tratamiento	94
3.5.5 Factores del producto.....	95
3.5.6 Factores microbianos	95
3.5.7 Efectos sobre otros componentes minoritarios	98
3.6 Limitaciones de esta tecnología.....	98
3.7 Bibliografía.....	99

4 Irradiación de alimentos

4.1	Introducción	101
4.1.1	Radiaciones ionizantes.....	101
4.1.2	Campos de aplicación	102
4.1.3	Antecedentes.....	102
4.2	Fundamentos físicos de las radiaciones ionizantes.....	104
4.2.1	Tipos de radiaciones	104
4.2.2	Dosimetría	106
4.3	Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.....	108
4.4	Radiaciones ionizantes en la industria alimentaria	109
4.4.1	Tipos de radiaciones ionizantes	109
4.4.2	Dosimetría	111
4.5	Efectos de la irradiación sobre los componentes de los alimentos	113
4.5.1	Efectos de la irradiación sobre las células	113
4.5.2	Efectos de la irradiación sobre los macronutrientes.....	114
4.5.3	Efectos de la irradiación sobre los micronutrientes	116
4.5.4	Efectos de la irradiación sobre los microorganismos y los macroorganismos...	116
4.6	Efectos de la irradiación sobre los alimentos	117
4.6.1	Frutas y hortalizas frescas.....	118
4.6.2	Frutos secos	118
4.6.3	Espicias y condimentos.....	119
4.6.4	Cereales, semillas y legumbres.....	119
4.6.5	Carnes	120
4.6.6	Pescado y marisco	121
4.6.7	Huevos y ovoproductos	121
4.6.8	Productos lácteos	122
4.6.9	Vinos y licores.....	122
4.7	Plantas de irradiación de alimentos	123
4.7.1	Estructura de una planta de irradiación.....	123
4.7.2	Dosimetría	125
4.8	Legislación vigente.....	125
4.8.1	Normativas y recomendaciones a escala mundial.....	125
4.8.2	Legislación europea	126
4.8.3	Normativa española	127
4.9	Bibliografía.....	128

5 Extracción con fluidos supercríticos

5.1	Fundamentos de la extracción con fluidos supercríticos (ESC)	131
5.1.1	Los fluidos supercríticos. Condiciones de operación.....	131
5.1.2	Planta de extracción	134
5.1.3	Procesos de extracción.....	134
5.2	El dióxido de carbono supercrítico.....	136
5.2.1	Naturaleza y características básicas	136

5.2.2	El CO ₂ supercrítico: propiedades como disolvente.....	137
5.2.3	Ventajas e inconvenientes del CO ₂ en la ESC	137
5.3	Planta industrial de ESC.....	139
5.3.1	Descafeinado del café por Lack and Sedltz	139
5.3.2	Componentes principales del equipo de ESC para descafeinado de café	139
5.3.3	Aspectos económicos.....	141
5.4	Aplicaciones industriales de la extracción con CO ₂ supercrítico	141
5.4.1	Café descafeinado	143
5.4.2	Desteinado del té	145
5.4.3	Extracción del lúpulo.....	145
5.4.4	Especias y hierbas aromáticas. Aromas y sabores	147
5.4.5	Colesterol y fraccionamiento de grasas animales	148
5.4.6	Desalcoholización de bebidas alcohólicas	150
5.4.7	Extracción de aceites de semillas.....	152
5.5	Cuadro de las condiciones de operación en diversos alimentos ensayados	153
5.6	Situación actual	164
5.7	Bibliografía.....	166

6 Tecnología de membranas

6.1	Introducción	173
6.2	Separación por membranas.....	173
6.2.1	Definición de membrana.....	173
6.2.2	Espectro	174
6.3	Classificación de las membranas y los materiales	180
6.4	Operaciones y procesos	184
6.4.1	Variables que definen el comportamiento	184
6.4.2	Fuerza impulsora	185
6.4.3	Eficiencia de la membrana.....	186
6.4.4	Factores que influyen en la disminución del flujo	188
6.4.5	Efectos de las variables del proceso.....	190
6.5	Modelos de transporte y módulos.....	191
6.5.1	Introducción.....	191
6.5.2	Modelos con membranas orgánicas.....	192
6.5.3	Modelos con membranas inorgánicas.....	196
6.6	Aplicaciones de la tecnología de membranas en la industria alimentaria.....	196
6.7	Bibliografía.....	201

7 Tendencias futuras en la tecnología de alimentos

7.1	Introducción	205
7.2	Situación actual	206
7.3	Opiniones diversas de las universidades, los industriales y los consumidores.....	207
7.4	Bibliografía.....	210

1 Introducción

1.1 Objeto del presente material

Mediante la publicación del libro *Industria alimentaria. Tecnologías emergentes (I)* se quieren dar a conocer, de una forma didáctica, algunas de las tecnologías emergentes más interesantes para la industria alimentaria. También se pretende evidenciar el papel fundamental que pueden tener las universidades que desarrollan actividades en este ámbito, como respuesta a una de las necesidades fundamentales del hombre: alimentarse.

1.2 Antecedentes

En realidad, puede afirmarse que la industria alimentaria empieza en el momento en que se inventa la primera herramienta, y de eso hace ya mucho tiempo. Ayer, como hoy, el objetivo fundamental continúa siendo preparar, preservar, acondicionar y transformar en alimentos las materias primas que nos ofrecen el mar y la tierra.

Con el tiempo, el progreso técnico ha posibilitado no tan sólo el desarrollo de procedimientos originales para la conservación de los alimentos, sino también la aplicación de nuevos criterios inherentes a las necesidades y tendencias de los nuevos consumidores. Suministrar alimentos a la población es todavía la preocupación fundamental del hombre en el siglo XXI y, en este sentido, la tecnología juega un papel muy importante.

Los profesionales de las industrias alimentarias son quienes contribuyen a que los alimentos sean, al mismo tiempo, *producidos en cantidad suficiente* para abastecer a una población creciente de más de 6.000 millones de personas; *seguros*, para garantizar una calidad de la que tanto se habla a raíz de los problemas que han afectado a Europa en los últimos tiempos (es el caso de las vacas locas o de las dioxinas), y restituir así la confianza de los consumidores hacia los productos alimentarios; *económicos*, o al coste mínimo, para que sean asequibles a la mayoría de la población; *sanos* y adecuados al máximo, tanto desde el punto de vista *nutricional*, con una durabilidad óptima que permita una fácil distribución sin que se deterioren, como desde el punto de vista *organoléptico*. Todo ello sin olvidar el interés por la aplicación de tecnologías que sean cada vez más respetuosas con el medio ambiente.

El gran desarrollo de la industria alimentaria iniciado en el siglo XIX y completado en el siglo XX la sitúa como el primer sector industrial en la mayoría de países del mundo. El desarrollo de líneas de

producción cada vez mayores exige la aplicación de conocimientos y técnicas que ya se emplean en otras áreas más consolidadas de la ingeniería (industrial, química, etc.). Asimismo, el interés por diversificar los productos y mejorar la calidad impulsa una fuerte actividad en la industria de equipos para la industria alimentaria, con el fin de dar respuesta a las exigencias de las nuevas tecnologías.

En la Unión Europea, el valor de la producción de la industria alimentaria en el año 2000 supera los 593.000 millones de euros, con un valor añadido de 133.000 millones de euros, e integra unas 26.000 empresas y 2,7 millones de empleados, aproximadamente. En España, la producción en ese año fue de casi 57.000 millones de euros. Es el sector industrial preponderante tanto por el valor de la producción como por el valor añadido y el número de personas empleadas.

En el año 2000, la industria alimentaria en Cataluña generó unos ingresos de 13.235 millones de euros y ocupó a 79.800 trabajadores. El gran potencial transformador agroalimentario de Cataluña tiene que basarse en las diferentes posibilidades que ofrecen las tecnologías emergentes.

La industria alimentaria engloba a todas las empresas que desarrollan actividades relacionadas con la transformación, la conservación o manipulación de productos agrarios, principalmente destinados a la alimentación. Desgraciadamente, el número de empresas censadas también es muy alto, lo que indica un elevado nivel de atomización que va en detrimento de su desarrollo.

Tal y como explica la Federación de Industrias de Alimentación y Bebidas (FIAB), la industria agroalimentaria en España ocupa el quinto lugar de Europa en bebidas. Las empresas de alimentación y bebidas, con un 20% del total de la producción industrial, constituyen el primer sector de la industria manufacturera en España. Aportan el 15% del valor añadido y utilizan el 17% de la mano de obra. Estos datos aportan también una idea sobre una industria que, después de su integración en Europa, ha visto triplicar las inversiones en su desarrollo.

1.3 ¿Por qué tecnologías emergentes?

Entre los retos más importantes de la industria alimentaria se encuentran la conservación y el procesado de alimentos. Con el desarrollo de las técnicas avanzadas de producción de alimentos, posiblemente el reto ya no sea sólo la elaboración de alimentos, sino la forma de conservarlos con el fin de alargar su vida útil sin que se dañen sus características nutricionales y organolépticas, al tiempo que el proceso global resulta más eficiente energéticamente, gracias a las bajas temperaturas empleadas.

Este libro quiere presentar, de una forma didáctica, varias tecnologías emergentes que son importantes actualmente en la industria alimentaria. De hecho, la demanda creciente de alimentos mínimamente procesados que, a la vez que seguros, conserven las características nutricionales y respeten las exigencias medioambientales, justifica el desarrollo de estas tecnologías para la conservación y transformación de alimentos. Esta evolución y desarrollo están obligando a las industrias alimentarias a adaptarse, por un lado, a nuevas técnicas de producción y, por otro, a las demandas del mercado. De esta forma, aparecen nuevos procesos de obtención (como los que se describen en los capítulos 2, 3 y 4) que utilizan tratamientos no térmicos y que, por tanto, no dañan los componentes termosensibles de los alimentos. En realidad, los nuevos métodos no térmicos de conservación de alimentos son objeto

de una intensa investigación con el fin de evaluar su potencial como proceso alternativo o complementario a los métodos más tradicionales de conservación de alimentos.

Como se ha dicho, el hecho de que no sólo la vida útil de los alimentos sino también su calidad sean importantes para los consumidores ha hecho evolucionar el concepto de conservación de los alimentos, con la utilización de métodos no térmicos. Estos métodos se están desarrollando con el fin de eliminar o, como mínimo, minimizar la degradación de la calidad de los alimentos derivada del proceso térmico. Con el procesado no térmico, se espera que las vitaminas, los nutrientes esenciales y aromas de los alimentos no experimenten cambios o bien que éstos sean mínimos.

Los alimentos se pueden procesar no térmicamente utilizando alta presión hidrostática, pulsos eléctricos de alta intensidad de campo, irradiación, pulsos lumínicos, campos magnéticos oscilantes o aditivos químicos y bioquímicos, entre otros. Los tres primeros sistemas, que se tratan en este libro, se perfilan como los de mayor interés.

La validez de cada método de tratamiento y la determinación de las regulaciones necesarias para la comercialización son complejas. No hay que olvidar, por ejemplo, que los alimentos procesados han de cumplir las regulaciones de seguridad que imponen las diferentes administraciones –como, por ejemplo, las directrices de la Unión Europea (UE) para nuevos alimentos y procesos– antes de poder ser comercializados y consumidos. Por ejemplo, existe una cierta preocupación por la salud de los operarios acerca de los efectos de utilizar campos magnéticos. Hasta que no se pueda garantizar a los operarios que su salud no corre ningún riesgo en las condiciones de trabajo de un equipo de campos magnéticos, o hasta que no se encuentren las medidas de seguridad que eviten el riesgo, no será posible poner en marcha este proceso a escala industrial. También hay que tener en cuenta que allí donde una tecnología no resulta apropiada a menudo se puede utilizar otra mejor. De hecho, cada tecnología tiene unas aplicaciones específicas en términos de los alimentos que pueden ser procesados: la alta presión es adecuada tanto en líquidos como en sólidos; los pulsos eléctricos, preferentemente en líquidos, y la irradiación, en alimentos sólidos. Los pulsos lumínicos sólo son adecuados para la pasteurización de superficies y, por lo tanto, pueden aplicarse a los materiales de envase. De esta forma, cada tecnología presenta sus ventajas y limitaciones. A menudo, es necesario hacer un planteamiento de métodos combinados.

De hecho, la mayoría de técnicas de conservación de los alimentos se basan en la destrucción o prevención del desarrollo de microorganismos, utilizando los factores que más influyen en su desarrollo y supervivencia, como son la temperatura, la actividad del agua, pH, los sustratos disponibles, la presencia o ausencia de oxígeno, la concentración de los principales solutos presentes o, incluso, los conservantes de tipo químico. El uso de factores inhibidores combinados presenta una ventaja fundamental ya que permite hacer una utilización más suave o una aplicación menos extrema de una aplicación concreta. A cambio, se aplica una combinación de varios factores de conservación, u obstáculos, que, si bien por separado resultarían insuficientes frente a los microorganismos presentes, juntos conforman una estabilidad microbiana que garantiza la seguridad del alimento.

No hay que olvidar que el deterioro y la contaminación de los alimentos por parte de los microorganismos es un problema importante en todo el mundo, aunque exista una amplia gama de técnicas de conservación. Los métodos de conservación de alimentos que se tratan en este libro parecen muy esperanzadores, sobre todo a la hora de incorporar sistemas de conservación combinados.

Por ejemplo, la aplicación de alta presión hidrostática (APH) se puede utilizar para reducir la agresividad de otros factores que se utilizan tradicionalmente para la conservación de alimentos, como el tratamiento térmico. Es decir, combinar altas presiones con un tratamiento térmico suave presenta un potencial enorme. También se ha comprobado que el efecto antimicrobiano de las altas presiones se puede incrementar con calor, un pH bajo, dióxido de carbono, ácidos orgánicos, ultrasonidos, radiaciones ionizantes y bacteriocinas (como, por ejemplo, la nisina).

También los pulsos eléctricos de alta intensidad de campo (PEAIC) pueden ser adecuados, si se combinan con otros factores, como el pH, la temperatura y los agentes antimicrobianos.

En cualquier caso, la aplicación de métodos de conservación combinados que permita la obtención de productos de características similares al alimento original tiene como requisito previo esencial la reducción de la contaminación. Resulta necesaria la aplicación del sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) para garantizar la seguridad de los alimentos.

Por otra parte, la industria agroalimentaria está investigando las mejores técnicas de separación con el fin de obtener extractos naturales de gran pureza, que son utilizados en una gran variedad de aplicaciones. Las tecnologías actuales para la obtención de extractos alimentarios utilizan generalmente disolventes orgánicos, que comportan un riesgo debido a su poder inflamable y a los residuos que generan. Por este motivo, se están desarrollando nuevas tecnologías, más respetuosas con el medio ambiente, que no presentan ningún riesgo para la salud y que garantizan una calidad superior de los productos.

La extracción con CO₂ supercrítico, que se trata en el capítulo quinto, está plenamente consolidada a escala comercial para la extracción del lúpulo en la elaboración de cerveza, la obtención de aromas y sabores de especias y hierbas aromáticas y de café y té sin cafeína. Además, existen varios procesos en fase de expansión, como la obtención de bebidas sin alcohol, de productos de origen animal sin colesterol y de aceites de semillas.

En el sexto capítulo se trata la tecnología de membranas. Las membranas de permeabilidad selectiva, es decir, las que sólo dejan pasar a través suyo determinadas moléculas, presentan sin duda un gran interés para la industria alimentaria. Algunas de las membranas disponibles separan las moléculas de agua del resto de componentes de los alimentos líquidos, con lo que se consigue una concentración de estos componentes. Otras membranas pueden separar moléculas por tamaño, consiguiéndose al mismo tiempo concentración y fraccionamiento.

Estos procesos de membrana ofrecen muchas ventajas respecto a otras técnicas de concentración más tradicionales. La principal ventaja reside en que la calidad del producto en general se mantiene, ya que se trabaja a bajas temperaturas y no hay interficie vapor-líquido que origine pérdidas de aromas. Además, las separaciones por membranas presentan, en general, exigencias energéticas reducidas, bajos costes de funcionamiento, poca necesidad de espacio y una gran flexibilidad de operación. Aún así, las membranas tienen tendencia a ensuciarse a medida que el producto se concentra y se incrementa la viscosidad, lo cual limita las concentraciones que se pueden conseguir. Generalmente, con los procesos de membrana sólo se consiguen concentraciones de entre el 40 y el 45%, en comparación al 80% o más que se puede obtener por evaporación.

Por otra parte, la concentración de alimentos líquidos por congelación implica una reducción de la temperatura del producto de forma controlada con el objetivo de conseguir una congelación parcial

hasta obtener una mezcla de cristales de hielo en un fluido concentrado. Estos cristales de hielo, si se han formado en condiciones apropiadas, son muy puros, es decir, contienen muy poco producto incorporado. La separación de estos cristales puros de hielo, ya sea por centrifugación o por alguna otra técnica, lleva a conseguir un producto cada vez más concentrado.

Por lo que respecta a la concentración por congelación, que es aplicable a muchos alimentos, esperamos poder tratarla con más detenimiento en una próxima ocasión. Actualmente, ya se utiliza comercialmente para concentrar zumo de naranja, vinagre, cerveza y vinos; también se ha utilizado para la concentración de extracto de café y té, jarabes de azúcar o productos lácteos, como la leche o el suero. La crioconzentración permite obtener mejores resultados en la concentración de bebidas alcohólicas. Se trata, por tanto, de una tecnología emergente que tiene como principales ventajas las bajas temperaturas del proceso y la ausencia de la interfase líquido-vapor en la separación. Esta separación a baja temperatura permite, incluso más que en la tecnología de membranas, la concentración de alimentos térmicamente sensibles, sin que se produzca pérdida alguna de calidad, aromas o componentes volátiles, como sucedía en la evaporación. Todavía queda mucho por hacer para poder obtener equipos que resulten viables desde el punto de vista industrial.

Existen también otros aspectos muy importantes, que son claramente emergentes y que, aunque no se tratan específicamente, no han sido olvidados en absoluto. Nos referimos, por ejemplo, al *control* y a la *automatización de procesos* y, en concreto, al uso de biosensores, que tanto está ayudando a garantizar la seguridad de los procesos, a las nuevas *técnicas de luminiscencia* o al *tratamiento por imágenes* o a la *visión artificial*, entre otros. Las técnicas avanzadas de *envasado* de alimentos como operación necesaria para protegerlos en su conservación; los nuevos materiales que se están desarrollando, sobre todo plásticos poliméricos; los films flexibles que permiten modificar la atmósfera del envase, por ejemplo en frutas y verduras; los envases activos, etc. Actualmente, también es importante la aplicación de tecnologías sencillas para la elaboración de *productos mínimamente procesados*, que permite obtener alimentos, como frutas y verduras, que pueden ser consumidos directamente sin modificar sus características originales. Esperamos que más adelante habrá también ocasión de presentarlos de la misma forma.

1.4 Desglose del libro

Los tratamientos por *alta presión hidrostática* (APH) se tratan en el capítulo 2. En Cataluña sólo se encuentra en funcionamiento una planta industrial, que, de hecho, es la primera que existe en todo el Estado español. Todo apunta a que el uso de productos químicos o el tratamiento térmico tradicional se puede sustituir en determinados casos. Se trata de un método no térmico muy prometedor. Además, no sólo puede emplearse para conservar alimentos, sino también para mejorar sus propiedades reológicas y funcionales. Un aspecto importante de la aplicación de esta tecnología en la industria alimentaria es la inactivación de enzimas, mientras que nutrientes y aromas quedan retenidos en el alimento. Esto hace que los productos tratados por alta presión mantengan un aroma y una textura propios de un producto fresco. La dificultad técnica en la fabricación de cámaras de alta presión que realmente puedan tolerar presiones muy altas es un factor que limita la comercialización de la tecnología de alta presión.

En el capítulo 3 se presenta el tratamiento de los alimentos por *pulsos eléctricos de alta intensidad de campo* (PEAIC). Esta tecnología se encuentra todavía mucho menos desarrollada, aunque ofrece

también muchas posibilidades. Si bien todos los estudios preliminares avanzan resultados prometedores, falta mucho para que se puedan utilizar a escala comercial. Se trata, básicamente, de un sistema eléctrico sencillo que consiste en una fuente de alto voltaje, un banco de condensadores, un interruptor y una cámara de tratamiento. En esta técnica, el riesgo de rotura dieléctrica del alimento limita el proceso. Los líquidos con partículas pequeñas pueden ser potencialmente procesados. Los alimentos sólidos con burbujas de aire, por ejemplo, no son adecuados para el procesado con campos eléctricos, puesto que las burbujas de aire son puntos potenciales de rotura dieléctrica. De hecho, la destrucción de microorganismos provocada por los campos eléctricos pulsantes depende de varios factores, los más importantes de los cuales son la intensidad del campo eléctrico, el tiempo de tratamiento, la temperatura del alimento y el tipo de microorganismo.

La *irradiación* de los alimentos, que se trata en el capítulo 4, se conoce desde hace mucho tiempo y, aunque en nuestro país existen muy pocas plantas de irradiación de alimentos, todos los indicadores apuntan a que se trata de una tecnología emergente que se utilizará más como complemento a los métodos clásicos que como sustitución de los métodos tradicionales. Uno de los aspectos atractivos de la irradiación es la capacidad de pasteurizar alimentos que se encuentran congelados. La irradiación también tiene un potencial suficiente para reemplazar el uso de determinados conservantes químicos peligrosos.

Por otra parte, en el capítulo 5 se presenta la *extracción con fluidos supercríticos* (EFS) como técnica que permite separar componentes de los alimentos. Esta técnica, que todavía se utiliza industrialmente en pocos productos, presenta también un gran potencial para la industria alimentaria.

En el capítulo 6 se trata la *tecnología de membranas*, que ya se está aplicando en varias industrias alimentarias, con resultados muy satisfactorios, si bien todavía tiene un componente importante de innovación.

En cualquier caso, este libro quiere ser también un espacio elemento de reflexión para la industria alimentaria en Cataluña sobre las posibilidades que ofrecen estas nuevas tecnologías y pretende apuntar cuáles serán las *tendencias futuras* en la tecnología de alimentos. Siendo el hecho alimentario multiconceptual, hemos realizado esta reflexión a partir de conversaciones con los principales protagonistas: investigadores universitarios en nuevas tecnologías, responsables tecnológicos y de marketing de empresas de producción y asociaciones de consumidores. La Fundación Triptolemos, que agrupa, entre otros, a estos protagonistas, nos ha facilitado el diálogo.

1.5 Bibliografía

Barbosa-Cánovas, G. *Non thermal preservation of foods*. Nueva York: Marcel Decker, 1998.
Traducción: *Conservación no térmica de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1999.

Barbosa-Cánovas, G.; Gould, G. *Innovations in food processing*. Lancaster, PA: Technomic Publishing, 2000.

Barbosa-Cánovas, G.; Howard Zhang, Q. *Pulsed electric fields in food processing*. Technomic Publishing, 2001.