

January 2009

## Pasado, presente y futuro de la ingeniería de alimentos

Carlos Enrique Cardona Fadul

*Universidad de La Salle, Bogotá, [vacademi@lasalle.edu.co](mailto:vacademi@lasalle.edu.co)*

María Patricia Chaparro González

*Universidad de La Salle, Bogotá, [vacademi@lasalle.edu.co](mailto:vacademi@lasalle.edu.co)*

Lena Prieto Contreras

*Universidad de La Salle, Bogotá, [vacademi@lasalle.edu.co](mailto:vacademi@lasalle.edu.co)*

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/ruls>

---

### Citación recomendada

Cardona Fadul, C. E., M.P. Chaparro González, y L.Prieto Contreras (2009). Pasado, presente y futuro de la ingeniería de alimentos. Revista de la Universidad de La Salle, (50), 213-224.

This Artículo de Revista is brought to you for free and open access by the Revistas de divulgación at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Revista de la Universidad de La Salle by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

# PASADO, PRESENTE Y FUTURO

DE LA INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Carlos Enrique Cardona Fadul  
María Patricia Chaparro González  
Lena Prieto Contreras\*

## INTRODUCCIÓN

La alimentación es la necesidad básica más importante para los seres vivos. Todos los alimentos que consumimos son de origen biológico y perecibles en mayor o menor grado. Esta propiedad es muy importante pues origina cambios en los alimentos que modifican su estado original causando su deterioro y riesgos para la salud de las personas. El control de estos cambios ha sido uno de los requerimientos primarios del hombre y de la sociedad y ha guiado los esfuerzos para conservar los alimentos que se han hecho a través de la historia.

Las razones principales para conservar los alimentos son: a) extender el periodo en el cual un alimento permanece en buen estado por medio de su procesamiento para inhibir cambios físicos, químicos, bioquímicos y microbiológicos y lograr así mayor tiempo para su almacenamiento, distribución y consumo; b) disminuir las pérdidas poscosecha y posproducción de alimentos, incrementando la cantidad de alimentos

disponibles para la población; y c) suministrar a la población alimentos inocuos y los nutrientes requeridos para una buena salud.

Aunque nuestros antepasados no conocían las causas del deterioro de los alimentos, desarrollaron muchos métodos de conservación, algunos de los cuales se han empleado durante milenios. La conservación industrial de los alimentos

---

\* Profesores del Programa de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ingeniería, Universidad de La Salle.

se inició a comienzos del siglo XIX. Todos los métodos de procesamiento de alimentos que se desarrollaron posteriormente, se definieron en términos matemáticos y físicos. Los cambios que ocurren en los alimentos durante el procesamiento se investigaron y explicaron en términos científicos de química, física, microbiología y propiedades sensoriales. Los equipos e instalaciones requeridos para el procesamiento se diseñaron con base en los principios de las ingenierías química y mecánica. Así, se introdujo el concepto de operaciones unitarias, que organizó, y los tipos de equipos y su secuencia para procesar los alimentos. Estos avances dieron las bases para establecer los planes de estudio en ingeniería de alimentos (IA). Después, las tecnologías de procesamiento se enfocaron hacia la producción de alimentos con alta calidad sanitaria, nutricional y sensorial. Los aspectos de regulación gubernamental sobre la seguridad del procesamiento de alimentos y la inocuidad de los alimentos procesados tomaron más importancia cada día.

La enseñanza de la ciencia y la tecnología de alimentos se inició en las universidades europeas y norteamericanas a principios del siglo XX, y la de IA a mediados del mismo siglo. La integración de la producción agrícola y la industrialización de los alimentos causó un crecimiento económico muy notable, el cual convirtió a la industria de alimentos en el subsector de industria más importante en muchos países y en el mundo. En Colombia representa aproximadamente una tercera parte de la producción industrial del país.

En las últimas décadas, la IA ha tenido desarrollos propios como la aplicación de los principios de transferencia de calor a los tratamientos tér-

micos (calor y frío) y de transferencia de masa y energía a las operaciones de deshidratación por aspersion y liofilización. Recientemente se han realizado importantes innovaciones en la aplicación de diversas formas de energía eléctrica al procesamiento, en las propiedades físicas de los materiales alimentarios, la biotecnología y la nanotecnología de alimentos (Rozo, 2002).

El panorama internacional y nacional actual que se caracteriza por una constante evolución, invita a la reflexión sobre la formación en IA para integrar las nuevas exigencias de la industria y el mercado, así como los recientes desarrollos de nuevas tecnologías. Aunque el ingeniero de alimentos colombiano en su formación presente comprende conceptos actualizados de ciencias básicas y operaciones unitarias de ingeniería para diseñar, simular y optimizar procesos productivos, requiere saltos cualitativos y cuantitativos en su formación para abordar con éxito los retos futuros de la industria alimentaria y las demandas de alimentos procesados de los consumidores, y así aprovechar las ventajas comparativas de Colombia en su producción agrícola.

Por consiguiente, todos los avances científicos y tecnológicos serán una guía vital para las reformas de la educación en ingeniería de alimentos con el fin de contribuir a la evolución de la industria alimentaria nacional, de tal manera que ésta responda a las nuevas tendencias de un mercado más exigente y competitivo. Cabe anotar que es preciso revisar periódicamente los impactos de los nuevos avances a nivel mundial en la IA, con el fin de participar activamente en el posicionamiento de la industria alimentaria con soluciones tecnológicas a partir de los conocimientos generados en diversas investigaciones tanto internacionales como nacionales.

No obstante, ante esa constante evolución del conocimiento, el ingeniero de alimentos se encuentra frente a nuevas y diversas perspectivas que le motivan a una formación permanente pues su profesión requiere la inclusión de este panorama actual, el cual se presenta a continuación.

## SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL

**Nuestro** país tiene una población de 44 millones de habitantes y una expectativa de crecimiento demográfico de cerca de 20 millones de nuevos colombianos en los próximos 20 años. Esto implica un desafío inmenso para la dirigencia del país en el suministro de los recursos que requerirá esa población para satisfacer sus necesidades, y entre ellas, la inaplazable y crítica necesidad de alimentarse, necesidad protegida por todos los organismos internacionales que generó el concepto de Seguridad Alimentaria, formulado por la FAO en la Cumbre Mundial de la Alimentación en 1996, el cual se precisó en los siguientes términos:

Seguridad alimentaria, a nivel de individuo, hogar, nación y global, se consigue cuando todas las personas en todo momento tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana. (FAO, 1996)

Ante aquella perspectiva cabe preguntarse: ¿Se está preparando el país de forma adecuada para afrontar esa situación?

El escenario colombiano tiende a ser más complejo si se considera además que no existen en

la actualidad las condiciones suficientes y necesarias para que toda la población acceda a los alimentos y, además, se pone en duda también su disponibilidad. Por el contrario, buena parte de la población carece de los ingresos mínimos para satisfacer sus necesidades básicas de alimentación. La respuesta a la anterior pregunta concierne, entre otras, con dos situaciones coyunturales: la primera se encuentra íntimamente relacionada con la solución al conflicto actual, el cual ha sido efecto de evidentes entornos de inequidad y, a la vez, se ha convertido en causa de disminución de la producción agrícola al desalojar durante cincuenta años a los campesinos de su tierra.

Por otra parte, en el sector primario se encuentra que el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) está apoyando proyectos de investigación en el Observatorio de Agrocadenas, entre ellas las siguientes: arroz, apicultura, cacao, caña panelera y panela, carne bovina, lácteos, frutas, hortalizas, ovinos y caprinos, papa, pesca industrial y artesanal, piscicultura, camarón de cultivo, plantas aromáticas, medicinales y condimentarias, aceites esenciales y afines, porcicultura, maíz, soya y yuca (MADR, 2008).

En este orden de ideas y planteada así la situación problemática y algunos de los aportes de solución al sector agropecuario, cabe replantear la pregunta inicial y plantearla en los siguientes términos: ¿Cómo se está preparando la ingeniería de alimentos colombiana para responder con soluciones tecnológicas novedosas y pertinentes a esa necesidad de alimentación de la población y a esa respuesta en producción de materias primas del sector primario? ¿Se encuentra la ingeniería de alimentos nacional suficientemente comprometida con la problemática de la Seguridad Alimentaria del país? Las diferentes alterna-

tivas de respuesta requieren un análisis profundo que presenta variables y complejidad dignas de una línea de investigación en este sentido.

## TENDENCIAS EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

### EL PERFIL DEL NUEVO CONSUMIDOR

**Las** necesidades del consumidor de los inicios del siglo XXI, sus hábitos y sus actitudes nutricionales, señalan las tendencias en la alimentación y en la industria alimentaria y es allí donde el ingeniero de alimentos debe convertir estas circunstancias en innovación y oportunidades para su competitividad, aprovechando la dinamización del mercado y ofreciendo productos que satisfagan los nuevos requerimientos de los consumidores. Ello implica que la industria de alimentos tradicional adquiera un nuevo significado desde el punto de vista de sus productos. A diferencia de los países desarrollados, en nuestro medio el precio es un factor importante al momento de consumir alimentos. Sin embargo, actualmente existen otros factores en ciertos segmentos de la población que cada vez pesan más: la **salud**, la **comodidad** de preparación y el placer de la degustación de los alimentos; esto como consecuencia de algunas situaciones favorables de esos consumidores que influyen en sus decisiones de compra, tales como mayor poder adquisitivo, horarios laborales diversos, falta de tiempo y de disposición para preparar alimentos en casa, abandono de la cocina tradicional, apetencias personales muy diferenciadas y demás circunstancias del mundo de hoy.

### TENDENCIAS

**Una** relación comentada de esas tendencias y su influencia en la industria alimentaria sería un

tanto detallada y motivo de otro artículo sobre el tema, además de encontrarse ampliamente referenciada en la literatura especializada. Los autores presentan el análisis de esas tendencias agrupadas según los siguientes criterios pertinentes:

- Con respecto al alimento, las tendencias se relacionan con los beneficios que de un producto alimenticio espera el consumidor para su salud y bienestar. En este aspecto, los alimentos funcionales desempeñan un papel muy importante.
- Desde los procesos, fundamentalmente las tendencias corresponden con las nuevas tecnologías en las operaciones de procesamiento y conservación, algunas de las cuales se tratan más adelante en el presente documento.
- Sobre la biotecnología que se ha involucrado cada vez más en la producción de alimentos, presentando nuevas opciones para los procesos con ventajas y desventajas.
- A partir de lo ecológico, los consumidores se están concientizando sobre la importancia de producir los alimentos con procesos más limpios, orgánicos, amigables con el medio ambiente y con menor consumo de energía.
- Finalmente, las tendencias desde lo cultural, que comprenden hábitos, actitudes y comportamientos de la vida moderna, afectan la forma de alimentarse de la sociedad y, por consiguiente, la industria y la ingeniería tienen que prepararse para generar los alimentos que requieren estos nuevos consumidores.

Estos autores plantean que si bien es cierto que existen esas tendencias, incluso en nuestro medio, resulta necesario precisarlas y determinarlas en el contexto colombiano para orientar más acertadamente el desarrollo de nuestra industria de acuerdo con los mercados nacionales y, por otra parte, señalar las ventajas comparativas de nuestro sistema alimentario para aprovechar esas tendencias presentes en el mercado internacional.

## NUEVAS TECNOLOGÍAS

**Además** de las tendencias y de la seguridad alimentaria, otro aspecto para resaltar es la investigación en ciencia, tecnología e ingeniería de alimentos para generar procesos y obtener productos que cubran las necesidades nutricionales, que conserven sus características sensoriales, que sean inocuos y de excelente calidad. Asimismo, influye la apertura y la globalización en el sector agroalimentario con un mercado más dinámico y competitivo cada día, que incide en la innovación y desarrollo de procesos más amigables con el medio ambiente para ahorrar energía y agua, y cuidar los recursos renovables que conlleve a un desarrollo humano integral y sustentable.

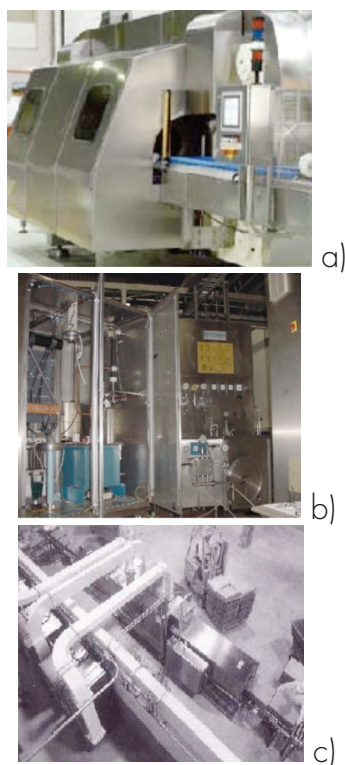
Por consiguiente, las actuales investigaciones en el campo de los alimentos han presentado nuevas alternativas de conservación y procesamiento, como la biotecnología con sus avances de ingeniería genética; la ciencia de los materiales con el desarrollo de materiales inteligentes; las nuevas tecnologías emergentes como microondas, pulsos eléctricos, calentamiento óhmico y dieléctrico; procesos de alta presión; la automatización con la inclusión de controles y biosensores; los estudios de reología, de trans-

ferencia de calor y masa en los procesos con ahorro energético; de procesamiento mínimo; las aplicaciones de resonancia magnética, ultrasonido, rayos láser y luz infrarroja, extracción con fluidos supercríticos, separación con membranas, atmósferas modificadas y controladas; el desarrollo de envases activos para alimentos y de nuevos materiales de embalaje con minimización de impactos ambientales; las películas comestibles como empaques; los bioconservantes como las bacteriocidas o antibióticos naturales que son microflora natural y actúan como inhibidores de microorganismos patógenos y alterantes y las tecnologías de barrera que consisten en el conjunto de varios tratamientos de conservación (Hendrick and Knorr, 2000; Welti-Chanes, Barbosa-Cánovas and Aguilera, 2002; Bruin and Jongen, 2003; Welti-Chanes *et ál.*, 2009).

Ante ese gran horizonte de avances científicos y tecnológicos, los autores consideran de gran importancia ahondar más sobre las tecnologías emergentes mencionadas anteriormente para su adopción y adaptación en la industria colombiana y como punto de partida hacia la generación de tecnologías propias en la conservación de alimentos (figura 1). Por esta razón, en la tabla 1 se presentan algunas tecnologías que resaltan su fundamento, un modelo matemático que la rige, el efecto conservador y las expectativas de investigaciones futuras.

Estas tecnologías han demostrado que se mantienen los sabores, pigmentos, vitaminas y nutrientes de los alimentos. Otras ventajas consisten en el retardo de reacciones fermentativas y en que algunas tecnologías permiten el tratamiento de alimentos envasados y congelados. Por último, se registra que los alimentos –procesados y co-

mercializados con las tecnologías presentadas en la tabla 1– son: jugos, mermeladas, huevo líquido, frutas y hortalizas, salsas, productos lácteos y cárnicos, productos cocidos y envasados listos para servir, entre otros productos que se encuentran en los mercados de algunos países desarrollados.



*Figura 1. Equipos de nuevas tecnologías: a) altas presiones, b) pulsos eléctricos, c) calentamiento con microondas. (Soliva y Martín, 2007)*

## ASPECTOS EDUCATIVOS

**Además** de los avances científicos, tecnológicos y de las tendencias de los mercados y consumidores contemplados anteriormente, es importante reflexionar acerca de la formación integral del ingeniero de alimentos, tanto en conocimientos como en su desarrollo personal, para que responda desde la profesión a los

planteamientos presentes y futuros de la sociedad, desde lo científico, técnico y humanístico.

Esta inquietud obedece a lo presentado por algunos investigadores que han interrogado a las empresas que contratan ingenieros (Todd *et ál.*, 1993), registrando algunas debilidades en los recién egresados en ingeniería acerca de su formación, puesto que se destacan: arrogancia técnica, incomprensión de los procesos de manufactura, falta de creatividad para el diseño, ausencia de análisis, falta de considerar alternativas, estrecha visión de la ingeniería y disciplinas relacionadas, escasa experiencia para trabajar en equipo, debilidad en la comunicación, entre otras falencias (Prados, 2000).

Algunos directores de industrias coinciden con los mencionados investigadores y han visto la necesidad de recibir profesionales en ingeniería que se destaquen en creatividad y espíritu innovador, sentido de la competitividad, hábito permanente de autoaprendizaje, capacidad de comunicación, espíritu crítico, formación multi e interdisciplinaria, flexibilidad en el ejercicio profesional, curiosidad por la vida, formación ética que se manifieste en el respeto a valores y códigos, y respeto por el medio ambiente (Covarrubias, 1998).

Aparte de los aspectos anteriores planteados por entidades educativas que forman ingenieros en Estados Unidos y México, respectivamente, se manifestó en la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) que

*Los problemas que aquejan a las facultades y a la ingeniería a nivel global son los mismos, se tiende a pensar que las preocupaciones del país en esa materia son nuestras y exclusivas, y no es así. Con respecto a los temas de*

*enseñanza en ingeniería, en todos los países existen los mismos interrogantes y los mismos problemas. ¿Cómo articular la enseñanza de la ingeniería frente al nuevo desarrollo y frente a las nuevas expectativas de la globalización y la internacionalización? ¿Qué hacer para que los programas de ingeniería no se queden cortos frente al avance y desarrollo de las comunidades y de la industria? ¿Cómo son los procesos de enseñanza, cómo se está midiendo la calidad de la enseñanza, están los profesores realmente preparados para asumir la enseñanza en un mundo cambiante? [Sic] (Acofi, 2009)*

Los autores, como docentes del Programa de Ingeniería de Alimentos de la Universidad de La Salle, reconocen la importancia de realizar investigaciones acerca de las exigencias de la sociedad a los egresados puesto que los empleadores durante las prácticas empresariales en el curso de su carrera o durante el proceso de selección al salir de la Universidad, plantean una serie de requisitos como responsabilidad social, ética empresarial, desarrollo de pensamiento lógico y crítico, capacidad de diseño, formación permanente, trabajo colaborativo y de equipo, conocimiento de la estructura de los procesos, aprovechamiento de recursos no renovables, y capacidad de expresión oral y escrita.

De igual manera, los autores conscientes de estas necesidades y como participantes activos de la renovación curricular del programa de ingeniería de alimentos, proponen fortalecer en los procesos de formación la capacidad investigativa para encaminar a la motivación de un aprendizaje de por vida y permanente actualización en los desarrollos científicos y tecnológicos de su profesión. Por otra parte, establecen la importancia de continuar en la formación de

los ingenieros de alimentos el desarrollo de la capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería donde les demande plantear diseños de procesos para satisfacer necesidades definidas acompañados de responsabilidad social y ética, durante la aprehensión de los conocimientos.

No obstante, los autores destacan en la educación de los ingenieros de alimentos: la práctica de las operaciones unitarias de su profesión en plantas piloto, que constantemente se deben actualizar según los cambios tecnológicos, y la inclusión de estudiantes en programas y proyectos de investigación para el aumento de su sentido crítico, el desenvolvimiento de su trabajo en equipos multidisciplinarios y el perfeccionamiento de sus habilidades comunicativas tanto orales como escritas.

Por supuesto que la demanda de profesionales que respondan a las necesidades presentes o futuras de la sociedad, invita a un cambio de paradigma en los docentes que intervienen durante la formación de ingenieros debido a que actualmente no deben considerarse como dispensadores de información sino mentores y participantes del aprendizaje activo donde los estudios de casos o el desarrollo de proyectos permitan integrar conocimientos científicos con aplicaciones al contexto industrial.

Por consiguiente, es evidente la integración de los conocimientos en la formación de ingenieros o de cualquier profesional, como lo expresa Ackoff (2006), así:

*Los educadores han reducido la educación a un gran número de componentes discretos e inconexos. Han fragmentado la educación en las escuelas; cursos, grados, materias, confe-*



*rencias, lecciones y ejercicios [...] Nunca se considera la educación formal como un todo, ni se conceptualiza apropiadamente como parte de un proceso del que gran parte ocurre fuera de la escuela. Pero finaliza sugiriendo: Comencemos a diseñar un sistema educativo que sirva para toda la vida, manteniendo o aumentando de esa manera la competencia de los individuos dentro del mundo en que seguirá acelerando la rapidez del cambio.*

En conclusión, se invita a partir de los planteamientos presentados en este artículo a quienes participan en la formación del ingeniero colombiano de alimentos a explorar dichas inquietudes en nuestro contexto de la industria alimentaria, en forma multidisciplinaria, para registrar visiblemente estas reflexiones puesto que este profesional, en gran medida, será influenciado y retado por este mundo globalizado y cambiante.

## **NOMENCLATURAS**

**N:** número de sobrevivientes  
**t:** tiempo de presurización a 230 atmósferas

**$\Delta V$ :** potencial transmembrana  
**f:** constante que depende de las propiedades de la membrana  
**a:** radio de células esféricas  
 **$E_0$ :** campo eléctrico  
 **$\theta$ :** ángulo entre el radio vector y la dirección del campo eléctrico  
 **$\tau$ :** tiempo de relajación  
 **$t_1$ :** tiempo de duración del campo magnético  
**v:** frecuencia de iones en el campo magnético  
**q:** carga del ión  
**B:** velocidad  
**m:** masa  
**c:** velocidad de la onda de ultrasonido  
 **$\rho$ :** densidad  
**E:** módulo de elasticidad  
**S:** tamaño de la fuente  
**X:** velocidad de producción  
**D:** dosis de irradiación  
**F:** fracción de energía que se absorbe de modo útil  
**I:** intensidad de energía lumínica  
 **$I_0$ :** intensidad incidente en la superficie  
**x:** coeficiente de extinción  
**R:** coeficiente de reflexión de la superficie

Tabla 1. Tecnologías emergentes en la conservación de alimentos.

NOMBRE	FUNDAMENTO	MODELO MATEMÁTICO	CARACTERÍSTICAS	EFFECTO EN LA CONSERVACIÓN	INVESTIGACIÓN FUTURA	REFERENCIAS
ALTAS PRESIONES	Las presiones hiperbáricas inducen cambios en los sistemas biológicos y alteran la membrana celular de los microorganismos	Cinética de inactivación microbiana: $\log N = 7,017 - 0,068t$	Calentamiento adiabático Tratamiento isostático Trabaja a presiones de 400 – 900 MPa	Disminuye la velocidad de crecimiento y reproducción y provoca la inactivación de los microorganismos	Sobre patógenos resistentes a este proceso	Hoover, 1997; Knorr, 1995; Kimura et ál., 1994; Yen and Lin 1996; Butz et ál., 2003
CAMPOS ELÉCTRICOS PULSADOS	Inducción de una diferencia de potencial eléctrico a través de la membrana celular originando poración en ésta	Potencial transmembrana: $\Delta V = 1,8faE_0 \cosq [1 - \exp(-t_1/t)]$	Voltajes utilizados de 20 a 80kV/cm Aplicada en forma de pulsos exponenciales decrecientes o bipolares	Rotura de la célula del microorganismo e inactivación de las enzimas	Estudio acerca de su efecto en las propiedades de los alimentos	Barbosa-Canovas et ál., 1998
CAMPOS MAGNÉTICOS OSCILATORIOS	La alteración de la velocidad de división celular por efecto del cambio del flujo iónico a través de la membrana plasmática de los microorganismos	Frecuencia de iones en el campo magnético: $v = qB / (2\pi m)$	Campos oscilantes entre 5 y 50 teslas con frecuencias de 5 a 5000kHz Alcanza de 1 a 100 pulsos de 25µs a 10ms	Rotura de la molécula de ADN y de ciertas proteínas Rotura de enlaces covalentes en moléculas con dipolos magnéticos	Determinación de los factores críticos del proceso Desnaturalización térmica de las propiedades nutritivas y sensoriales	Soliva y Marín, 2007

Continúa...

...Continuación

NOMBRE	FUNDAMENTO	MODELO MATEMÁTICO	CARACTERÍSTICAS	EFEECTO EN LA CONSERVACIÓN	INVESTIGACIÓN FUTURA	REFERENCIAS
ULTRASONIDO	Las ondas de ultrasonido pasan por el alimento produciendo fenómenos de cavitación, colapso de burbujas y sonólisis, causando daños en las paredes de los microorganismos por estrés físico	Velocidad de la onda de ultrasonido: $1/c^2 = p/E$	Ondas ultrasónicas de baja frecuencia entre 18 a 100kHz y $\lambda$ de 14,5mm. Los ultrasonidos se trabajan con calor (termosonicación), con presión (manosonicación) o ambos (manotermosonicación)	Inactivación de microorganismos. Mayor efecto en levaduras, bacterias grampositivas y gramnegativas que en las esporuladas.	Falta información necesaria para el diseño y procesamiento de actividades	Hoover, 2000; Herrero y Romero, 2006; Mason, 1990; Mar Villamiel, 2006
IRRADIACIÓN O RADIACIÓN IONIZANTE	La radiación ionizante altera el DNA microbiano perjudicando la reproducción	Tamaño de la fuente: $S = (XD)/(3600F)$	El rango de irradiación en alimentos está entre 50 Gy hasta 10000 Gy	Disminuye la velocidad de deterioro de los alimentos ya que reduce la población viable de los microorganismos	Estudio de la posibilidad de que algunas especies microbianas desarrollen resistencia a radiaciones	Satin, 2000, Morata, 2008
PULSOS LUMÍNICOS	Absorción de la onda UV en los sistemas de dobles enlaces carbono-carbono de las proteínas y ácidos nucleicos	Penetración de luz en los materiales: $I = (1-R)^n e^{-x}$	Radiación no ionizante. Baja penetrabilidad con pulsos entre 100 a 200 en 100ns	Inactivación en el espectro total de luz de microorganismos tales como <i>Escherichia</i> y <i>Bacillus</i>	Efecto de los pulsos en las propiedades fisicoquímicas de los alimentos y su deterioro, y seguridad de la aplicación	Morata, 2008

## REFERENCIAS

- Ackoff, R. (2006) *Rediseñando el futuro*. Universidad de Pensilvania. Limusa Noriega Editores. México. p. 87.
- ACOFI (2009) "Un espacio de conocimiento y evaluación de las nuevas tendencias en la formación de ingenieros en el mundo". Boletín de prensa No. 006-09. Importante presencia de ACOFI en la reunión mundial de International Federation Engineering Education Societies, IFEES, San Petersburgo. Rusia. [En línea]: <http://www.acofi.edu.co/portal/documentos/BOLETIN%20DE%20PRENSA%20No%20006-09.pdf>
- Alvídrez, A.; González, B.E. y Jiménez, Z. (2009) "Tendencias en la Producción de Alimentos: Alimentos Funcionales; Facultad de Salud Pública y Nutrición". Universidad Autónoma de Nuevo León. México. [En línea]: <http://www.alimentatec.com/muestrapaginas.asp?nodo1=0&nodo2=0&idcontenido=482&content=16&pagina=243>
- Bruin, S. and Jongen, ThRG. (2003) "Food Process Engineering: The Last 25 Years and Challenges Ahead". En: *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Vol. 2: 42-81
- Butz, P. et ál. (2003) "Consumer attitudes to high pressure food processing". En: *Food, Agriculture and Environment*: 1, pp. 30-34.
- Cardona, C. E. (2008) Tendencias en la Ingeniería de Alimentos. Espacio Académico Trabajo de Grado I. Universidad de La Salle. Bogotá.
- Covarrubias, J.M. (1998) "Tres documentos sobre la formación de ingenieros". *Revista Ingenieros*. Universidad Nacional Autónoma de México. Vol.1 N.º 1, pp. 5-9, México.
- FAO (1996) Cumbre Mundial sobre la Alimentación. Noviembre 13-17, Roma. [En línea]: [www.fao.org/wfs/index\\_es.htm](http://www.fao.org/wfs/index_es.htm)
- Hoover, D. (1997) "Minimally processed fruit and vegetables. Reducing microbial load by non-thermal physical treatments". En: *Food Technology*, 51 00, pp. 66-71.
- Knorr, D. (1998) "Impact of high hydrostatic pressure on phase transitions on foods". En: *Food Technology*, 52(9): 42-45.
- Lahoz, C. y E. de Loma-Ossorio Friend. (2007) Seguridad Alimentaria y Nutricional: Evolución y Conceptos. FODEPAL, España. [En línea]: <http://www.fodepal.es/Bibvirtual/PAP/paploma.htm>
- Mason, T.J.; Paniwnyk, L. y Lorimer, J.P. (1996) "The uses of ultrasound in food technology". En: *Ultrasonics Sonochemistry* 3, pp. 253-260.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Programas y Proyectos. 2008 Observatorio Agrocadenas; Colombia. [En línea]: [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_agronet/200979161434\\_Informe\\_de\\_Gesti%C3%B3n\\_Ministerio\\_de\\_Agricultura\\_y Desarrallo Rural\\_2008.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/200979161434_Informe_de_Gesti%C3%B3n_Ministerio_de_Agricultura_y Desarrallo Rural_2008.pdf)
- Morata- Barrado, A. (2008) *Nuevas Tecnologías de Conservación de Alimentos*. A. Madrid Vicente Ediciones, Madrid.
- Prados, J. (2000) *Engineering Education in the United States: past, present, and future*. University of Tennessee. Edición SDI. [En línea]: [http://ocu.uni.edu.pe/descargas/articulos/engineering\\_education\\_on\\_usa.pdf](http://ocu.uni.edu.pe/descargas/articulos/engineering_education_on_usa.pdf)
- Ramírez, M. A. (2002) *Lineamientos para Seguridad Alimentaria: retos y perspectivas*. Universidad Autónoma de Colombia. Bogotá. [En línea]: [www.fuac.edu.co/revista/M/cuatro](http://www.fuac.edu.co/revista/M/cuatro)

- Rozo, C. (2002) "Ciencia e Ingeniería de Alimentos: El Cambio en la Historia". En: *Revista de la Universidad De La Salle*. N.º 33, pp. 81-91, Bogotá.
- Satin, M. (2000) *La Irradiación de los Alimentos*. Editorial Acribia, Zaragoza.
- Statnikov, E.; Korlkov O. y Vityazev, M. (2006) "Physics and mechanism of ultrasonic impact". En: *Ultrasonic*, 5: pp. 324-330.
- Todd, R. H.; Sorensen, C.D. y Magleby, S.P. (1993) "Designing a capstone senior course to satisfy industrial customers". En: *Journal of Engineering Education*, Vol. 82 (2): pp. 92-100.
- Walti-Chanes, J. Parada-Arias, E. y Ordorica-Vargas, C. (2009) "Past, present and future of food engineering education in Mexico". En: *The World of Food Science*. (IFT-IUFosT). En: [www.worldfoodscience.org/cms/?pid=1000956](http://www.worldfoodscience.org/cms/?pid=1000956)
- Walti-Chanes, J.; Barbosa-Cánovas, G. V. y Aguilera, J. M. (2002) *Engineering and Food for the 21<sup>st</sup> Century*. CRC Press, Boca Ratón.