

Innovaciones en el procesado de alimentos: Tecnologías no térmicas

Artículo solicitado por la Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética (FESNAD) a la Asociación Española de Licenciados y Doctores en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ALCYTA), cuya junta directiva es la siguiente: M^a Dolores Romero de Ávila Hidalgo, Ignacio Sánchez González, Antonio de la Llana Martín y M^a del Mar Gil Pavia.

AM Herrero⁺, MD Romero de Avila⁺

** Departamento de Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense*

Correspondencia:

M. Dolores Romero de Ávila. Departamento de Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos.
Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense.
28040 Madrid.
Teléfono: +34 913943745. Fax: +34 913943743.
(lolarh@vet.ucm.es)

Resumen

La creciente demanda del consumidor de alimentos mínimamente procesados está impulsando el desarrollo de nuevos métodos de conservación. Procesos no térmicos (como alta presión hidrostática, ultrasonidos, irradiación, campos eléctricos de alta intensidad, campos magnéticos oscilantes y destellos de luz blanca) pueden utilizarse con este objetivo sin que se vea afectada la calidad de los alimentos. Aunque la eficacia de estos métodos se conoce desde hace tiempo, es ahora cuando se está produciendo los mayores avances tecnológicos para hacer posible su comercialización.

Palabras clave: Alimentos, calidad, conservación, procesos no térmicos.

Introducción

El desarrollo de nuevas tecnologías en la Industria Alimentaria con la finalidad de obtener alimentos mínimamente procesados a la vez que seguros y que conserven sus cualidades nutricionales y organolépticas, está permitiendo alargar la vida útil de muchos productos y satisfacer los gustos del consumidor.

La aparición de productos mínimamente procesados está asociada a cambios en los hábitos de consumo. Son productos que presentan un valor añadido y una alta calidad nutritiva y sensorial, que generalmente se consumen crudos o con un tratamiento térmico suave. Por este motivo, resulta imprescindible conocer el efecto de las distintas tecnologías de conservación en su calidad.

Los mayores avances en este campo se han conseguido con el desarrollo de sistemas físicos, que afectan la viabilidad de los microorganismos, sin un incremento sustancial de la temperatura del alimento. Estos métodos "no térmicos" no afectan, o lo hacen mínimamente a las características nutritivas y sensoriales de los alimentos. Entre las tecnologías de esta naturaleza se encuentran las altas presiones, ultrasonidos, irradiación, así como pulsos de campos eléctricos de alta intensidad, campos magnéticos oscilantes y

Summary

Consumers' desires for foods that are minimally preserved and processed are encouraging the development of new methods for the inactivation of micro-organisms in foods. Non-thermal processes (such as high hydrostatic pressure, ultrasound, irradiation, high intensity pulsed electric fields, oscillating magnetic fields and light pulses) can be used for the inactivation of food-spoilage micro-organisms without affecting the quality of the food. While the efficacy of many of these methods was demonstrated many years ago, technological advances are only now beginning to make possible their commercial exploitation.

Key words: Food, quality, preservation, nonthermal processes.

luz blanca de alta intensidad. La optimización del empleo de estos métodos de conservación pasa por el diseño de "procesos combinados", en los que la asociación o aplicación simultánea de varios procedimientos permita potenciar el efecto, de cada uno de ellos, en los agentes alterantes y reducir el impacto adverso en las características de los alimentos tratados.

Para finalizar, no puede olvidarse la contribución, a la mejora de la conservación de alimentos, de los avances en el campo de envases y sistemas de envasado. En este sentido está alcanzando gran relevancia la utilización de atmósferas modificadas y el desarrollo del envasado activo e inteligente.

En el presente artículo se resumen las bases de conservación, el efecto en los alimentos y las principales aplicaciones de distintas tecnologías emergentes en la Industria Alimentaria, algunas de ellas con una relevante presencia ya en nuestros mercados.

Altas Presiones

La aplicación de altas presiones (entre 100 – 1000 MPa) a los alimentos ha despertado en los últimos años un enorme interés.

Actualmente, existen dos procedimientos: la presión dinámica, todavía no utilizada a nivel industrial y la presión estática, que es la que hoy tiene aplicación práctica.

En la alta presión dinámica el incremento de presión se origina en un tiempo muy corto (milésimas de segundo) como consecuencia de una explosión que genera una onda de choque (> 100 MPa), denominada onda de choque hidrodinámica. Esta tecnología consigue la inactivación de microorganismos y el ablandamiento de ciertos tejidos, como carne, por ruptura de la estructura celular (1). Este procedimiento (*Hydrodyme Process*, HDP) se encuentra en fase de estudio y desarrollo.

La aplicación de alta presión estática se basa en someter a un producto a elevados niveles de presión hidrostática (100-1000 MPa) de forma continua durante un cierto tiempo (varios minutos). A este tipo de tecnología se la denomina comúnmente altas presiones hidrostáticas (*High Pressure Processing*, HP) (1).

La utilización de altas presiones hidrostáticas se rige, fundamentalmente por dos principios: a) Le Chatelier, enuncia que cualquier fenómeno (reacciones químicas, cambios moleculares, etc.), que va acompañado de disminución de volumen sufre un incremento al aumentar la presión, y viceversa y b) la ley de Pascal, según la cual una presión externa aplicada a un fluido confinado se transmite de forma uniforme e instantánea en todas las direcciones. De acuerdo con este último principio, esta tecnología puede aplicarse directamente a alimentos líquidos o a cualquier producto envasado sumergidos en un fluido de presurización (de baja compresibilidad). La presión aplicada al sistema permitiría un tratamiento isostático y uniforme independientemente del tamaño, forma y volumen del material procesado.

Cuando los alimentos se tratan en su envase, éste debe ser flexible y deformable (ha de tolerar reducciones de volumen de hasta un 15%). Es especialmente importante la evacuación de los gases del interior para evitar que su compresión reduzca la eficacia de la presurización.

Los equipos de alta presión hidrostática empleados en el procesamiento de alimentos están formados, fundamentalmente, por una cámara de presurización (cilíndrica de acero de elevada resistencia), un generador de la presión (generalmente un sistema de bombeo constituido por una bomba hidráulica y un sistema multiplicador de presión) y un sistema de control de temperatura. En la actualidad existen equipos de funcionamiento discontinuo (los más utilizados) y semicontinuos. En los primeros, los alimentos (líquidos o sólidos) envasados se colocan en el interior de la cámara de presurización. El sistema de bombeo irá sustituyendo el aire de la cámara por el fluido de presurización hasta su total llenado y posteriormente, incrementará la presión hasta los niveles establecidos. Una vez alcanzada la presión deseada, una válvula que cierre el circuito, permitirá su mantenimiento, sin necesidad de aporte adicional de energía, el tiempo estipulado. Los sistemas semicontinuos pueden utilizarse para tratar productos líquidos no envasados. En este caso, es habitual, que la presión se comunique al producto de manera directa a través de un pistón móvil. Una vez presurizado el producto se envasa asépticamente.

El efecto de las altas presiones hidrostáticas puede resumirse en los siguientes puntos: disminución de la síntesis de ADN, aumento de la permeabilidad de las membranas celulares, desnaturalización de biopolímeros y proteínas, incluida inactivación de enzimas, por cambios en la estructura intramolecular (>300 MPa). Estos hechos, pueden afectar, en mayor o menor grado, la viabilidad de los microorganismos y otros agentes alterantes así como modificar los componentes de los alimentos y cambiar las características organolépticas de los mismos (1,2). La sensibilidad de los microorganismos a la aplicación de alta presión hidrostática (barsensibilidad) depende de múltiples factores, siendo objeto de múltiples investigaciones. En cuanto a los efectos en los componentes y características de los alimentos, en las condiciones habituales de procesado, no se afectan enlaces covalentes y puede decirse que no se alteran los aromas ni el valor nutritivo de los alimentos. Sin embargo, sí que se pueden producir cambios de color y de apariencia, y modificaciones en los atributos de textura, aunque los efectos varían de unos alimentos a otros.

Aunque inicialmente la aplicación de altas presiones hidrostáticas se realizó, fundamentalmente, con fines de conservación,

diversas investigaciones han puesto en evidencia su enorme potencial de transformación en la elaboración de diversos productos. Como sistema de conservación, se han conseguido resultados equivalentes a una pasterización térmica en diversos productos con tratamientos de 400 – 500 MPa, durante varios minutos. Sin embargo, el umbral de esterilización no está bien definido en muchos casos. Se han probado distintas estrategias para incrementar la eficacia, así se han ensayado procesos combinados de presurización (> 400 MPa) con tratamientos térmicos suaves (esterilización a baja temperatura) y/o agentes como bacteriocinas (lisozima, nisina) y lactoferrina.

En el mercado pueden encontrarse productos presurizados como mermeladas (primeros comercializados a partir de 1990 en Japón), zumos, jaleas, concentrados y purés de frutas, postres (en países como Japón, USA, Alemania), patés (por ejemplo en Francia), productos lácteos (en Reino Unido), derivados cárnicos curados y cocidos loncheados y preparados listos para su consumo (en España). En diversas investigaciones se ha comprobado su eficacia en la prevención de intoxicaciones por *V. parahaemolyticus* en la comercialización de ostras, favoreciéndose además su apertura y potenciando el sabor. En ovoproductos, permiten el control de *Salmonella* spp, sin afectación de sus propiedades funcionales. En la actualidad, se está investigando el efecto de altas presiones en equipos de homogenización que permiten el tratamiento de líquidos a presiones superiores a los 700 MPa, con elevado efecto conservador.

Con fines distintos a la conservación, la aplicación de altas presiones hidrostáticas permite obtener distintos tipos de geles de pescado, carne, huevo y leche. Así mismo, esta tecnología acelera la difusión de solutos en diversos alimentos, la solubilización de gases y los procesos de extracción. La posibilidad de utilizar altas presiones para mantener alimentos a temperaturas inferiores a 0 °C en estado de líquido (a 207,5 MPa, el agua permanece líquida a temperaturas de -22°C) o para inducir una congelación y descongelación ultra-rápida constituye un nuevo y prometedor campo de estudio y aplicación en la Industria Alimentaria. En la actualidad, se utilizan fundamentalmente dos procedimientos de congelación a alta presión (asistida por presión y por cambio brusco de presión), el más extendido consiste esencialmente en una rápida descompresión de 1000 a 200 MPa a una temperatura de -10 ó -20°C (3). De esta forma se promueve la formación de microcristales de hielo menos lesivos para la estructura del alimento.

Ultrasonidos

Los ultrasonidos pueden definirse como ondas acústicas inaudibles de una frecuencia superior a 20 kHz. Para la conservación de los alimentos, son más eficaces las ondas ultrasónicas de baja frecuencia (18-100 kHz; $\lambda=145$ mm) y alta intensidad (10-1000 W/cm²).

El efecto conservador de los ultrasonidos está asociado a los fenómenos complejos de cavitación gaseosa, que explican la generación y evolución de microburbujas en un medio líquido. La cavitación se produce en aquellas regiones de un líquido que se encuentran sometidas a presiones de alta amplitud que alternan rápidamente. Durante la mitad negativa del ciclo de presión, el líquido se encuentra sometido a un esfuerzo tensional y durante la mitad positiva del ciclo experimenta una compresión. El resultado es la formación ininterrumpida de microburbujas cuyo tamaño aumenta miles de veces (se expanden) en la alternancia de los ciclos de presión. Las microburbujas que alcanzan un tamaño crítico implosionan o colapsan violentamente para volver al tamaño original. La implosión supone la liberación de toda la energía acumulada, ocasionando incrementos de temperatura instantáneos y focales, que se disipan sin que supongan una elevación sustancial de la temperatura del líquido tratado. Sin embargo, la energía liberada, así como el choque mecánico asociadas al fenómeno de implosión, afectan la estructura de las células situadas en el microentorno. No obstante, el efecto de los ultrasonidos sobre los agentes alterantes de los alimentos es limitado y dependiente de múltiples factores por ello, su aplicación se ha encaminado hacia la combinación, simultánea o alterna, con otras

técnicas de conservación. La aplicación de ultrasonidos y tratamientos térmicos suaves (< 100 °C, habitualmente entre 50 -60 °C) ha dado lugar al procedimiento denominado termoultrasonificación. La combinación con incrementos de presión (< 600 MPa) se denomina manosonificación, mientras que las tres estrategias de forma conjunta se conocen como manotermosonificación (4; 5).

Los equipos de ultrasonidos utilizados, de funcionamiento discontinuo (los más habituales) o continuo, presentan una cámara de tratamiento donde se sitúa la fuente de ultrasonidos (generalmente una sonda de sonicación). Toda la tecnología actual ultrasónica proviene del aprovechamiento de dos propiedades que poseen ciertos materiales: la piezoelectricidad y la magnetoestricción. Un generador de ultrasonidos piezoeléctrico se basa en la generación de oscilaciones eléctricas, de una frecuencia determinada, que un material con propiedades piezoeléctricas transforma en oscilaciones mecánicas (transductor.) Otro método para producir vibraciones ultrasónicas es mediante el uso de transductores magnetostrictivos. El funcionamiento de estos dispositivos se basa en las deformaciones mecánicas que experimentan ciertos materiales al someterlos a un intenso campo magnético.

Respecto a su empleo en la Industria Alimentaria, la manosonificación y la manotermosonificación son particularmente eficaces en la esterilización de mermeladas, huevo líquido, y en general, para prolongar la vida útil de alimentos líquidos. La ultrasonificación de forma aislada es eficaz en la descontaminación de vegetales crudos y de huevos enteros sumergidos en medios líquidos. Con fines distintos a la conservación, se ha utilizado con éxito en el ablandamiento de las carnes. Más conocido y extendido es la utilización de ultrasonidos en sistemas de emulsificación y homogenización así como en la limpieza de distintos equipos (4; 5).

Ondas ultrasónicas de baja energía (100 kHz – 1 MHz) se utilizan para evaluar las características y la calidad de diversos productos. En este campo se encuentra el diseño de distintos equipos para determinar el tiempo óptimo de curado de quesos y estandarizar las características del producto comercializado, así como sistemas para evaluar el contenido graso, *in vivo* o *post-mortem*, de estructuras musculares y la composición y textura de productos concretos (por ejemplo, sobrasada, 6; 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: a) radiación gamma procedente de los radionúclidos Cobalto- 60 y Cesio- 137; b) rayos X generados por aparatos que funcionen con una energía nominal igual o menor a 5 MeV; c) electrones acelerados generados por aparatos que funcionen con una energía nominal igual o menor a 10 MeV (Real Decreto 348/2001).

Los tratamientos pueden clasificarse según la OMS y de acuerdo con la dosis media absorbida como: a) dosis baja (hasta 1 kGy), usada para retardar procesos biológicos (maduración y senescencia) de frutas frescas y hortalizas así como para eliminar insectos y parásitos en diversos alimentos; b) dosis media (hasta 10 kGy), usada para reducir microorganismos patógenos y alterantes de diferentes alimentos, así como para mejorar propiedades tecnológicas de los alimentos; c) dosis alta (superior a 10 kGy), para la esterilización comercial (generalmente en combinación con tratamientos térmicos suaves) de diversos alimentos en casos especiales (por ejemplo, dietas hospitalarias para inmunodeficientes y alimentos para astronautas, etc.) (8).

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 para el tratamiento de alimentos están sujetas a las mismas normas de seguridad que cualquier otra que utilice radiaciones ionizantes. Las instalaciones pueden ser de funcionamiento continuo o discontinuo. En cualquier caso, el habitáculo de tratamiento estará construido con material de elevada densidad, que asegure el blindaje de la estructura y diseñado de tal forma que asegure el aislamiento del entorno. El empleo de fuentes mecánicas alimentadas por corriente eléctrica (como aceleradores de electrones) permite la conexión y desconexión automática del equipo. Sin embargo, la utilización de radiación gamma procedente de radionúclidos (cobalto 60 o cesio 137), supone el manejo de una fuente constante de emisión de radiación, que requiere un recinto o fosa de confinamiento cuando no está en uso. Dependiendo del tipo de instalación, una cinta transportadora, o el arrastre de contenedores, sirven para colocar el alimento en la zona de tratamiento, el tiempo de permanencia permite ajustar la dosis de energía absorbida a los efectos requeridos.

Campos eléctricos de alta intensidad

Se utilizan campos eléctricos de alta intensidad, entre 20 y 60 kV/cm (hasta 80 kV/cm) y capacitancia de 80 nF a 9,6 mF. El tratamiento se aplica en forma de pulsos cortos, con una duración entre 1 y 10 ms (hasta 300 μ s) y se ajusta teniendo en cuenta diversos factores del alimento y de la microbiota contaminante.

El efecto sobre los microorganismos se basa en la alteración o destrucción de la pared celular cuando se aplica una intensidad de campo eléctrico que da lugar a una diferencia de potencial entre ambos lados de la membrana (potencial transmembrana). Cuando esta diferencia de potencial alcanza un valor crítico determinado, que varía en función del tipo de microorganismo, origina la formación de poros irreversible en la membrana celular (electroporación) y en consecuencia la pérdida de su integridad, incremento de la permeabilidad y finalmente destrucción de la célula afectada (9).

Es una de las mejores alternativas a los métodos convencionales de pasteurización, lo que hizo que se denominara pasterización fría. Su uso está limitado a productos bombeables, capaces de conducir la electricidad y exentos de microorganismos esporulados. Sin embargo, no produce ningún efecto sobre enzimas. Los alimentos más idóneos para este tratamiento son: leche, huevo líquido, zumos de frutas y concentrados, sopas y extractos de carne.

Los equipos de generación de pulsos eléctricos de alta intensidad constan de una fuente de alimentación de alto voltaje, un regulador de frecuencia y tipo de descarga, una cámara de tratamiento constituida por los electrodos entre los que circula el alimento, un sistema de refrigeración y dispositivos de control. Estos equipos se conectan a líneas de envasado aséptico.

Campos magnéticos oscilantes

En esta tecnología, el alimento envasado en un material plástico, se somete a un campo magnético oscilante de intensidad entre 5 y 50 teslas (1000 veces superior al campo magnético de la tierra) y una frecuencia entre 5 y 500 kHz. Se han ensayado tratamientos de 1 a 100 pulsos de 25 μ s a 10 ms. La temperatura durante el procesado se mantiene entre 0 °C y 50 °C (10).

El efecto conservador se debe, fundamentalmente, a dos fenómenos: (a) a la ruptura de la molécula de ADN y de ciertas proteínas, y (b) a la rotura de enlaces covalente en moléculas con dipolos magnéticos.

Los alimentos más idóneos para someterse a este proceso de conservación son: zumos, mermeladas, frutos tropicales en soluciones azucaradas, derivados cárnicos, productos cocidos, envasados y listos para su consumo.

Luz blanca de alta intensidad

La aplicación de pulsos de luz blanca de alta intensidad es un tratamiento limitado a la superficie de los productos, que puede utilizarse para la pasteurización de líquidos transparentes y alimentos envasados en materiales transparentes. También puede aplicarse para la esterilización de superficies de materiales y equipos. El espectro de luz utilizado incluye longitudes de onda desde el ultravioleta lejano (200nm) hasta la región del infrarrojo cercano (1100nm). La distribución del espectro es un 25% ultravioleta, 45% luz visible y 30% infrarrojo. La intensidad de los pulsos varía entre 0.01 y 50 J/cm² (aproximadamente unas 20.000 veces superior a la radiación solar sobre la superficie terrestre). La duración de cada pulso es de 200-300 ms y la frecuencia es de 1 a 20 s⁻¹ (11; 12).

Este tratamiento produce cambios fotoquímicos y fototérmicos. Los primeros originan modificaciones en el ADN, en las membranas celulares y en los sistemas de reparación y enzimáticos. Los segundos producen un incremento de la temperatura momentáneo en la superficie tratada que, por la corta duración del pulso, no afecta a la temperatura global del producto.

Los equipos utilizados presentan cámaras en las que destellan, con la frecuencia requerida, lámparas de gases (xenón o kriptón) de alta intensidad y eficacia. Productos tratados, con resultados bastante satisfactorios, son filetes y porciones de carne y pescado, gambas, carne de pollo y salchichas.

Avances en envasado de alimentos

El envase tiene un papel fundamental en la conservación de los alimentos y en las últimas décadas se han realizado considerables innovaciones, en materiales y sistemas de envasado, con indudable relevancia en la comercialización de alimentos más seguros, saludables y apetecibles. En este campo, cabe indicar, en primer lugar, la incorporación de atmósferas, que ha permitido, por ejemplo, prolongar la vida útil de alimentos refrigerados o la comercialización de productos deshidratados con mejor calidad organoléptica. Aunque el envasado en atmósferas modificadas es una estrategia actualmente muy extendida en la comercialización de alimentos de diversa naturaleza, es todavía una línea importante de investigación. Cuando se habla de envasado en atmósferas (atmósfera protectora) se entiende la eliminación, o sustitución del aire, que rodea al producto contenido por un gas, o una mezcla de gases, más adecuado para el mantenimiento y conservación de su calidad higiénica, nutritiva y organoléptica. El envase estará fabricado con materiales con las características de impermeabilidad requeridas. Los gases más empleados son CO₂ y O₂ y como elemento inerte o de relleno N₂. Las mezclas y proporciones de los gases se optimizan en función de las características y vías de alteración del producto a conservar.

Mucho más reciente es la aparición en el mercado de envases "activos" que contribuyen o se oponen al deterioro de los alimentos que contienen. En la actualidad, el diseño de esos envases, o de este procedimiento de envasado, son objetivo de una gran variedad de líneas de investigación. Secuestrantes de oxígeno, absorbentes de etileno, de olores, de vapor así como compuestos antimicrobianos de diversa

naturaleza se han incorporado a los envases como elementos "activos" (inicialmente incluidos en elementos accesorios y en la actualidad incorporados al material que constituye el envase) (13).

A la lista de nuevos envases pueden agregarse aquellos que contribuyen, simplemente, al adecuado consumo del producto que contienen. Ejemplos de esta naturaleza pueden considerarse los indicadores tiempo-temperatura, para alimentos refrigerados o congelados, indicadores de temperatura preferente de consumo o envases fabricados en materiales (suceptores) que contribuyen al cocinado de los alimentos en sistema microondas.

Para finalizar, no puede olvidarse el avance y mejora de las líneas de envasado aséptico, sin el cual no sería posible la aplicación de muchas de las nuevas tecnologías o la optimización de la esterilización térmica.

Agradecimientos

A.M. Herrero es contratada del Programa *Juan de la Cierva* y M.D. Romero de Avila becaria predoctoral FPI del Ministerio de Educación y Ciencia, en ambos casos integrados en el Proyecto de Investigación AGL04-6773

Bibliografía

1. Knorr, D. Process aspects of high-pressure treatment of food systems. En: Barbosa-Cánovas GV & Gould, GW, editor. Food preservation technology series. Innovations in Food Processing. Technomic Publishing CO. Inc., 2000; p. 13-31.
2. Smelt, JPPM. Recent advances in the microbiology of high pressure processing. Trends Food Sci. Tech. 1998; 9: 152-158.
3. Cheftel JC, Thiebaut M, Dumay E. Pressure-assisted freezing and thawing of foods: A review of recent studies. High Press. Res. 2002; 22: 601-611.
4. McClements, DJ. Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. Trends Food Sci. Tech. 1995; 9: 293-299.
5. Knorr D; Zenker M, Heinz V, Lee DU. Applications and potential of ultrasonics in food processing. Trends Food Sci. Tech. 2004; 15:261-266.
6. Lluill P, Simal S, Benedito J, Rosello C. Evaluation of textural properties of a meat-based product (sobrassada) using ultrasonic techniques. J Food Eng. 2002; 53: 279-285
7. Mulet A, Carcel JA, Sanjuan N, Bon J. New food drying technologies - Use of ultrasound. Food Sci. Tech. Int. 2003; 9: 215-221.
8. Anónimo. La Irradiación de los alimentos. Técnicas para conservar y preservar la inocuidad de los alimentos. Organización Mundial de la Salud, 1989; p. 35-46.
9. Barbosa-Cánovas, GV, Pothakamury, UR., Palou, E, Swanson, BG. High intensity pulsed electric fields: Processing equipment and design. En: Nonthermal preservation of foods. Marcel Dekker, Inc., 1998; p. 53-112.
10. Barbosa-Cánovas, GV, Pothakamury, UR, Palou, E, Swanson, BG. Oscillating Magnetic fields for food processing. En: Nonthermal preservation of foods. Marcel Dekker, Inc., 1998; p. 113-138.
11. Dunn, JE, Clark, RW, Asmus, JF, Pearlman, JS, Boyer, K, Pairchaud, F, Hofman, G. Methods and apparatus for preservation of foodstuffs. U.S. Pat. 5,034,235. 1991.
12. Dunn, J, Ott, T, Clark, W. Pulsed light treatment of food and packaging. Food Technol. 1995; 49: 95-98.
13. Fernández, M. Review: Active food packaging. Food Sci Tech Int. 2000; 6: 97-108.