

Nuevas tendencias en el procesamiento de alimentos

J. Welti Chanes y D. Bermúdez Aguirre

Departamento de Ingeniería Química y Alimentos. Universidad de las Américas
Puebla. Santa Catarina Mártir, Cholula, Puebla. México

Resumen

Desde el inicio de la humanidad el hombre ha buscado la forma para conservar sus alimentos por más tiempo, iniciando esa búsqueda con técnicas rudimentarias como el salado o el secado al sol. Conforme la ciencia ha avanzado se han empleado métodos de conservación más sofisticados en los que se han aplicado diversos factores de conservación como la temperatura, a_w , pH o la adición de conservadores; sin embargo al emplearse cada uno de ellos por separado y en magnitudes elevadas se provoca un daño considerable en la calidad del producto al perderse parte de sus propiedades sensoriales y nutritivas. Es por ello que desde hace dos décadas y ante la creciente demanda por parte de los consumidores de alimentos de alta calidad y lo más parecidos a un producto fresco, han surgido los denominados alimentos mínimamente procesados, en los que se aplican en forma inteligente y combinada los factores de conservación convencionales, los cuales en dosis bajas representan obstáculos para el crecimiento microbiano y las reacciones deteriorativas. Además se ha iniciado con la incorporación de nuevos factores de conservación como altas presiones, antimicrobianos naturales, pulsos eléctricos, ultrasonido, entre otros. La era del procesamiento mínimo y el uso de la tecnología de obstáculos están abriendo las puertas a una nueva etapa en la conservación de alimentos

Introducción

En los últimos 20 la demanda de los consumidores de alimentos más convenientes, de mayor calidad, más frescos, más naturales, nutrimentalmente saludables y seguros (Gould, 1995; Tapia et al., 1996) y con menos aditivos artificiales (Welti-Chanes, 1998), ha generado lo que se conoce como alimento mínima o parcialmente procesado (AMP) o de alta humedad autoestable. Las definiciones de un alimento de este tipo han ido evolucionando, como se observa en la Tabla I, Shewfelt (1987) lo definió como un producto que poseía cierto valor extra por haberlo sometido a tratamientos no convencionales como dosis bajas de irradiación aplicadas a mezclas de vegetales, galletas saladas empacadas o alimentos *gourmet* refrigerados; Huxon y Bolin (1989) consideran el hecho de que un AMP puede o no ser utilizado para el consumo directo sino servir como materia prima en otros alimentos. Más recientemente Ohlsson (1994) hace hincapié en que un AMP es aquel cuya calidad (sensorial, organoléptica y nutrimental) casi no ha sido alterada después de algún tipo de procesamiento y además posee una vida de anaquel amplia (Tapia et al., 1996; Welti-Chanes, et al., 1997; Alzamora et al., 2000a). Para el desarrollo de AMP muchos investigadores, especialmente en Iberoamérica, han aplicado el concepto de tecnología de obstáculos o métodos combinados para obtener AMP, a través de la combinación inteligente de factores de conservación utilizados comúnmente como altas o bajas temperaturas, control del pH o la a_w junto con nuevas tecnologías como altas presiones, ultrasonido, pulsos eléctricos, entre otras. Dentro de los AMP existen aquellos en los que la refrigeración juega un papel importante en su conservación y se les conoce como Alimentos Refrigerados Mínimamente Procesados y otros, especialmente frutas, en los que otros factores determinan su estabilidad sin necesidad de refrigeración, estos alimentos incluyen materia prima, alimentos crudos de bajo riesgo e ingredientes sin cocinar (Alzamora et al., 1998).

Tabla I. Evolución de la definición de Alimento Mínimamente Procesado (AMP)
(Welti et al., 1997; Alzamora et al., 2000a)

Autor (es)	Año	Definición
Rolle y Chism	1987	Incluye todas las operaciones (lavado, selección, pelado, cortado, etc.) que deben realizarse antes de someter al producto a un proceso convencional que mantenga al alimento como un tejido vivo.
Shewfelt	1987	Incluye carne y productos frescos, así como también cualquier proceso que agrega valor al producto comparándolo con procesos convencionales de conservación de alimentos (por ejemplo, cortado, desvainado, descorazonado, irradiación de bajo nivel y empacado individual).
Huxsoll y Bolin	1989	Incluye productos que mantienen sus atributos y calidad similar a los productos frescos. En algunos casos un producto procesado es un alimento “crudo” y las células de los tejidos están vivas; sin embargo, estas características no son requeridas necesariamente si se conserva la frescura del alimento.
Wiley	1994	Incluye productos que contienen tejidos vivos o que han sufrido modificaciones insignificantes respecto a su condición de alimento fresco pero que conservan su calidad y carácter similar a los productos frescos.
Ohlsson	1994	Incluye los procedimientos que causan los menores cambios posibles en la calidad del alimento (manteniendo la apariencia de frescura), pero al mismo tiempo provee al alimento la suficiente vida útil para su transporte desde el lugar de producción hasta el consumidor.
Manvell	1997	Procesamiento mínimo es el menor tratamiento posible para lograr un propósito.

Los AMP intentan combinar frescura y conveniencia dando lugar a alimentos frescos en apariencia que se empacan y se comercializan como los productos procesados. Para el caso específico de frutas se considera que están mínimamente procesadas cuando se ha usado cualquier proceso que utiliza las técnicas comunes en el procesado de alimentos y se le añade valor agregado a cualquier fruta fresca, además de que se han combinado técnicas en el manejo post-cosecha y almacenamiento, preparación para consumo y empaçado individual.

Un grupo más de AMP son aquellos que requieren de la refrigeración como un obstáculo más en su conservación y se conocen como frutas y verduras refrigeradas mínimamente procesadas y muchos de estos productos se comercializan listos para servir y comer como por ejemplo entradas preparadas, salsas y productos *sous-vide* (Tapia et al., 1996).

Tecnología de obstáculos

La tecnología de obstáculos en 1978 que surgió a mediados de los años setenta como una alternativa para la conservación de alimentos de humedad intermedia y de alta humedad, se ha estado empleando en los últimos años para obtener AMP. En la tecnología de obstáculos o de barreras se combinan inteligentemente factores de conservación que representan obstáculos para el crecimiento microbiano, ya que interaccionan aditiva o sinérgicamente, lo que permite tener una estabilidad durante el almacenamiento y al aplicar los factores en dosis bajas se logra tener un efecto antimicrobiano mayor que provoca una menor pérdida de calidad sensorial que si se aplicara un solo factor en forma severa para lograr el mismo fin. Es claro que esta tecnología busca deliberada e intencionalmente que la combinación de obstáculos sea tal que se asegure la estabilidad y seguridad microbiológica de un alimento, además de las propiedades sensoriales, nutrimentales y económicas sean las óptimas (Leistner, 2000; Alzamora 1997). Al utilizar esta preservación multiobjetivo en un alimento se logra

interferir en la homeostasis de microorganismos, por la acción de niveles pequeños de factores de conservación u obstáculos, los cuales usados en combinación, tienen cada uno un efecto adverso a la célula microbiana (Alzamora, 1998).

Los obstáculos comúnmente usados en la preservación de alimentos son la temperatura (alta o baja), la actividad de agua (a_w), la acidez (pH), el potencial redox (Eh), los conservadores (como nitritos, sorbatos, sulfitos) y los microorganismos competitivos (bacterias ácido-lácticas) (Leistner, 2000). La combinación de estos factores ha originado una nueva generación de productos refrigerados en los que además de incorporar múltiples barreras u obstáculos como acidificación, a_w reducida, conservadores, cambios en el envase y atmósfera se añade la refrigeración como un obstáculo más (Alzamora, 1997).

Factores de conservación

Actualmente se sabe que el principio básico de la conservación de alimentos se basa en la eliminación total o parcial de alguna de las reacciones deteriorativas o de pérdida de calidad que se pueden presentar (Welti-Chanes, 1998). Las reacciones que provocan pérdida de calidad de un alimento se clasifican en 4 grupos, siendo de tipo microbiológico, enzimático, químico y físico, y las consecuencias de la pérdida de calidad se ven reflejadas con la presencia de toxinas, microorganismos, reacciones de oxidación y rancidez y cambios de color y sabor, entre otros (Gould, 1989). Para evitar estos cambios indeseables, la preservación de alimentos se basa en la aplicación de factores de estrés conducentes a la inhibición y/o muerte de la comunidad microbiológica así como también la prevención del establecimiento de ciertas comunidades (Alzamora, 1997). Dentro los factores que se utilizan comúnmente para la conservación de alimentos se encuentran las altas temperaturas como en la pasteurización y tratamiento térmico, temperaturas bajas en refrigeración y congelación, la combinación de a_w y pH, el uso de antimicrobianos sintéticos como sorbato de potasio o benzoato de sodio, por citar sólo algunos ejemplos. Sin embargo estos

métodos de conservación a pesar de ser efectivos y permitir al alimento tener una vida de anaquel suficiente desde que se procesa hasta su consumo modifica de forma importante las características del alimento, por ejemplo al someter a un alimento a procesamiento térmico de 60 a 100°C por algunos segundos su valor nutrimental disminuye al perderse compuestos sensibles como las vitaminas, la textura y el *flavor* del producto también son alterados por la producción de compuestos secundarios indeseables generando un alimento de menor calidad, aunque el lado benéfico del uso del calor es la inactivación de enzimas, reducción de microorganismos y desarrollo de ciertas características del producto. Es por ello que la búsqueda de procedimientos de conservación mejorados se enfoca hacia tecnologías en las que se combinen varios factores algunos de ellos nuevos como el uso de antimicrobianos naturales, altas presiones, atmósferas modificadas (AM) y/o atmósferas controladas (AC), películas comestibles, uso de flora competitiva, impregnación al vacío, pulsos eléctricos, ultrasonido y pulsos de luz, cada uno de ellos en combinación con los factores tradicionales de conservación, ambos en dosis bajas con el fin de mejorar enormemente la calidad del producto asemejándolo a un producto fresco, además de minimizar los costos energéticos durante el almacenamiento. Sin embargo debe asegurarse que el riesgo de deterioro sea igual o menor al riesgo cuando se procesa con métodos convencionales, específicamente a lo que microorganismos patógenos se refiere. Es evidente que que un AMP es un buen medio de crecimiento para microorganismos y por ello representan un riesgo potencial, ya que los tipos y niveles de células que se presenten en un alimento serán afectados por la microflora original, los microorganismos contaminantes antes y después del procesamiento, los efectos del proceso y empaquetado, las propiedades intrínsecas del alimento (a_w , pH, tipo de ácido, antimicrobianos, nutrientes, O_2 , potencial redox, componentes, etc.) y los factores extrínsecos aplicados como la humedad relativa, temperatura y presencia de luz durante el almacenamiento (Alzamora et al., 1998). Es por ello que las organizaciones internacionales vinculadas a la salud, definen a un alimento seguro como aquel que provee un máximo de nutrientes y calidad mientras que genera un riesgo mínimo a la salud pública, y de ahí se

asume que cualquier riesgo que pudiera presentar es mínimo (Alzamora et al., 2000a).

Dentro del trabajo de investigación desarrollado en Iberoamérica destaca el iniciado en 1986 en el marco del CYTED, en donde se han buscado las combinaciones efectivas para obtener alimentos lo más frescos posible y de vida de anaquel alta. Así por ejemplo, durante el lapso de 1986 a 1991 se desarrolló el inventario de alimentos de humedad intermedia (AHI) de importancia en esta zona geográfica que permitió obtener información sobre los principios de conservación de estos productos. De 1991 a 1994 se estudió la Preservación de Frutas a Granel por la Tecnología de Métodos Combinados, enfocándose los estudios a la reducción de las pérdidas post-cosecha mediante la conservación *in situ* del producto, aplicando técnicas de conservación simples basadas en los conceptos del uso de factores combinados (a_w , pH, tratamiento térmico leve, antimicrobianos), y tratando de acercarse al concepto del procesamiento mínimo. Un siguiente proyecto de investigación se orientó a la obtención de AMP, se desarrolló de 1995 a 1997 y en él se estudió el efecto de diversos factores de conservación sobre microflora, propiedades físicas, químicas, sensoriales y estructurales de AMP, logrando desarrollar la tecnología de preservación mínima para obtener productos frescos y de alta humedad autoestables. Desde 1999 a la fecha se desarrolla el programa de Tecnologías Emergentes para la Conservación de Alimentos de interés en Iberoamérica.

Dentro de los factores tradicionales de conservación de alimentos que se han estudiado en los proyectos anteriormente mencionados se tienen la a_w , el pH, la temperatura y la adición de conservadores. Y sus mecanismos de acción se han descrito de acuerdo a la información básica conocida y generada y que se describe a continuación.

- a) a_w : Se reconoce que entre mayor es el contenido de agua de un alimento, mayor es la velocidad de deterioro de éste y es por ello que en la preservación por métodos combinados el factor que aparece en la mayoría de los procesos es la reducción de la actividad de agua (Parada et al., 1995). Para cada microorganismo existe un valor crítico de

actividad de agua en el cual su metabolismo se ve afectado dañando su crecimiento. Las diferencias en la tolerancia de a_w se debe entre otras cosas a la habilidad o inhabilidad de la membrana celular para excluir ciertos humectantes y a la interferencia de estos sobre la pared y membranas celulares, enzimas metabólicas, material genético y sistemas de síntesis de proteínas. Los alimentos que pueden ser conservados únicamente por la acción de a_w se debe a que la capacidad osmoreguladora de la célula microbiana ha sido excedida y su crecimiento se detiene (Alzamora, 1997).

- b) pH : La acidificación de alimentos afecta la conformación de las proteínas, el camino de síntesis enzimática y los productos finales del metabolismo de los microorganismos. En el caso de frutas, el pH es lo suficientemente bajo para inhibir el crecimiento de bacterias, sin embargo levaduras y hongos pueden crecer, mientras que otro tipo de alimentos como cárnicos, leche, hortalizas al tener un pH mayor a 5.6 el riesgo de crecimiento de microorganismos incluso patógenos es alto (Alzamora, 1997).
- c) Temperatura: El uso de temperaturas elevadas en microorganismos tiene diversos efectos en sus componentes celulares dañando letal o subletalmente el DNA, el RNA, los ribosomas, las membranas citoplasmáticas y enzimas específicas (Alzamora, 1997). Los usos más frecuentes de este factor se encuentran en la pasteurización y tratamiento térmico de algunos alimentos que se someten a temperaturas mayores a 50°C como jugos, leche y productos enlatados.

Todos estos factores de preservación han sido aplicados exitosamente sobre todo en la obtención de frutas mínimamente procesadas por parte de los investigadores de Iberoamérica, una de las regiones en las que se pierde gran parte de la cosecha debido a la falta de infraestructura adecuada para su conservación. Dentro del proyecto CYTED el procesamiento mínimo de frutas de alta humedad (FPAH) incluye como obstáculos la actividad de agua, el pH, un

ligero tratamiento térmico y conservadores. El proceso detallado que se sigue para la obtención de FPAH se inicia con un ligero escaldado del producto, seguido por la depresión de la actividad de agua mediante una deshidratación osmótica con la incorporación simultánea de aditivos para lograr los valores finales de equilibrio que son $a_w = 0.94-0.98$, $pH=3.0-4.1$ y concentraciones de sorbato de potasio de (400-1000 ppm), o benzoato de sodio y 150 ppm de bisulfito de sodio (en algunos productos). El proceso de remojo e impregnación es realizado a temperaturas cercanas a la ambiente, a presiones atmosféricas o al vacío, colocando rebanadas de fruta en soluciones acuosas concentradas (como infusiones de glucosa, sacarosa, maltodextrinas, jarabes de maíz y sus mezclas) o bien mezclando la fruta, el humectante y los aditivos en las porciones requeridas tanto en el caso de puré como de fruta entera (Alzamora, 1997, Alzamora et al., 2000b). El escaldado se ha convertido en la operación crítica de control en el procesamiento de frutas de alta humedad, aunque logra inactivar ciertos microorganismos como levaduras y mohos, existe el riesgo de crecimiento de patógenos, los cuales deben ser inhibidos mediante la aplicación de los otros obstáculos (Tapia et al., 1996). Una de las tecnologías que ayudan a conservar este tipo de productos es el uso de atmósferas modificadas y/o controladas. Para minimizar algunos de los efectos adversos del procesamiento mínimo en frutas y hortalizas se utilizan algunos otros elementos de apoyo, como la selección del cultivo, control de temperatura y humedad de almacenamiento uso de películas comestibles y aplicación de algunos conservadores (Singh et al., 2000).

Pero el procesamiento mínimo no sólo se aplica a frutas, dentro de los AMP se encuentran también productos de origen animal y marino (Leistner, 2000). Otros productos que se han desarrollado mediante la tecnología de obstáculos son productos cárnicos fermentados, pasta empacada con atmósfera modificada, suero de queso, entre otros (Tapia et al., 1996). Un tipo de los alimentos que utilizan la tecnología de obstáculos, son los preparados tipo *sous vide* que son AMP con una vida de anaquel mayor a 42 días (1-8°C) y a los que se les llama también alimentos procesados refrigerados de alta durabilidad (Leistner, 2000).

Atmósferas modificadas (AM) y atmósferas controladas (AC)

Uno de los factores de conservación que se utilizan para obtener AMP son las atmósferas modificadas y/o controladas (AM, AC) en las cuales el factor que se manipula es la composición del gas que rodea al producto (Tapia et al., 1996), logrando mantener la frescura y retardando la senescencia de frutas y verduras en rebanadas como lechuga, apio, calabaza y brócoli; así como carne, pescado, pollo y productos de panadería. A nivel comercial el uso de AC se ha hecho en manzanas, peras, kiwis, frutas y verduras deshidratadas, nueces y plátanos; mientras que el uso de AM se ha aplicado en plátanos, lechugas, algunas variedades de repollo, espárragos, frambuesas, moras, arándanos, papas fritas, masas, cárnicos, mariscos, café y pollo (Del Valle et al., 1997). El uso de AM o AC permite obtener efectos antimicrobianos debido a la inhibición de la flora aeróbica y anaeróbica, así como a la alteración en la tasa respiratoria debido a que el producto es rodeado con una atmósfera con diferentes concentraciones de O_2 , CO_2 y/o C_2H_4 . En el caso de las atmósferas controladas el control de los niveles de gas que rodean al producto requiere de una gran precisión para mantener los niveles adecuados de O_2 , CO_2 y otros gases, contrario a lo que sucede en las atmósferas modificadas (Tapia et al. 1996). La principal causa de muerte microbiana en las AC es la falta de O_2 y la letalidad se relaciona directamente con la concentración de éste. Para todos los alimentos existen niveles mínimos de O_2 y máximos de CO_2 en los cuales el uso de la AC o AM es conveniente, sin embargo fuera de estos límites el uso de este factor de conservación puede tener efectos negativos en el producto como una maduración no uniforme, desórdenes fisiológicos así como desarrollo de olores y sabores desagradables debido a procesos fermentativos. Los efectos bioquímicos de las AC en alimentos incluyen la disminución de la actividad enzimática como el caso de la polifenoloxidasas en lechuga, champiñones y judías verdes; la reducción de reacciones oxidativas de lípidos causantes de la rancidez de alimentos así como cambios en la coloración de la carne debido a los desequilibrios entre los pigmentos como la mioglobina y oximioglobina por la presencia o ausencia de oxígeno. El uso de AC y AM son

efectivas en retardar la maduración de las frutas mediante el control de los efectos y biosíntesis del etileno, gas que es una hormona vegetal producida naturalmente por estos alimentos en proceso de maduración, y por parte de cualquier tejido vegetal en respuesta al daño; sin embargo en ocasiones se induce el proceso de maduración de frutos como plátanos y tomates así como el desverdecer limones y por ello se añade etileno en cierta concentración en la atmósfera circundante (Del Valle et al., 1997). Debido a que esta técnica requiere el uso de un contenedor, el área de empaques con atmósfera modificada ha sido explorada pero aún requiere de estudios para la determinación del mejor nivel y combinación de gases dentro del empaque que permita una vida de anaquel lo más larga posible, además del estudio de AM, AC cuando se combinan diferentes alimentos en un mismo empaque.

Antimicrobianos naturales

El uso de agentes químicos que exhiben actividad antimicrobiana (ya sea por reducir y/o inhibir el crecimiento de microorganismos) no es nuevo, ya que ha sido una forma de conservar los alimentos desde que el hombre existe. Estos agentes antimicrobianos pueden ser compuestos sintéticos adicionados intencionalmente o bien los que se encuentran presentes naturalmente en algunos alimentos (López-Malo et al., 2000). Dentro del campo de los AMP, la tendencia actual es la sustitución de los antimicrobianos sintéticos por naturales presentes en especies, hierbas, plantas o extractos (fenólicos, aceites esenciales, fitoalexinas, ácidos orgánicos, flavonoides, alcaloides, lactonas, glucósidos, glicósidos, dienos, sulfóxidos, isotiocianatos), animales (lisozima, lactoperoxidasa, lactoferrina, ovotransferina, avidina, transferinas, mieloperoxidasa, anticuerpos) o microorganismos (nisina, pediocina y otros bacteriocinas; pimaricina, subtilina, natamicina, y otros antibióticos, diacetil, bacteriófagos, levaduras y otros metabolitos) (Alzamora et al., 1998; López-Malo, 2000), empleados especialmente en productos de frutas mínimamente procesados como ha sido en el caso de puré de plátano y puré de manzana. El efecto de estos antimicrobianos se debe

principalmente a la acción de compuestos fenólicos que poseen varios de ellos.. Los compuestos como eugenol, carvacrol, timol y vainillina son responsables de la inactivación microbiana, mientras que los alcoholes alifáticos y fenólicos tienen efecto antifúngico. La inactivación por parte de los compuestos fenólicos extraídos del café y té se ha dado en microorganismos como *Campylobacter jejuni*, *V. cholerae*, *S. aureus*, *S. typhi*, *S. typhimurium*, *Enterococcus faecalis* y *Bacillus cereus*, entre otros. El efecto de estos antimicrobianos es dependiente de la concentración del mismo, niveles bajos alteran la actividad enzimática relacionada con la obtención de energía, mientras que a niveles más altos ocurre desnaturalización de proteínas (López-Malo et al., 2000). Los pocos reportes que se tienen a la fecha señalan que la combinación de a_w , pH y concentraciones bajas de antimicrobianos, con el fin de no modificar el flavor del alimento, han sido efectivos en la inhibición de hongos y levaduras. Los datos que se tienen de cultivos *in vitro* y en alimentos con el uso de antimicrobianos naturales indican que se requiere niveles mayores en alimentos que en medios de cultivo (Alzamora et al., 1998). Algunos de los compuestos empleados han sido vainillina, clavo, orégano, cebolla y ajo. Muchos de los compuestos fenólicos están presentes naturalmente en productos consumidos por el ser humano, de los cuales muy pocos llegan a ser tóxicos para algunos animales en concentraciones altas provocando reacciones alérgicas (López-Malo et al., 2000). En el caso específico de la vainillina se observó que su actividad sobre levaduras en purés de frutas y la actividad de nisina contra *L. monocytogenes* en leche decrece conforme se incrementa la concentración de grasa debido probablemente a que los antimicrobianos atan la grasa y reduce su disponibilidad para los microorganismos (Alzamora et al., 1998). Los compuestos fenólicos pueden afectar el aspecto nutricional de los humanos y animales, sin embargo se ha visto un beneficio en aquellas personas que padecen enfermedades como cáncer, ya que un consumo alto de frutas y vegetales y otras fuentes de compuestos fenólicos como té, reduce la propagación de varias formas de cáncer y otras enfermedades como enfisema, cirrosis y arterioesclerosis (López-Malo et al., 2000)

Tratamientos no térmicos

Dentro de los métodos no térmicos que se han estado utilizando en la tecnología de obstáculos están los pulsos eléctricos, las altas presiones hidrostáticas, los campos magnéticos oscilantes y pulsos de luz siendo efectivos para inactivar células vegetativas de muchos microorganismos aunque las formas esporuladas, presentan mayor resistencia (Alzamora et al, 1998). Este tipo de métodos no generan cambios químicos en el producto, no provocan pérdidas de sabor y los productos mantienen sus propiedades de frescura debido a que el incremento de temperatura es mínimo (Tapia et al., 1996).

En el caso de los pulsos eléctricos, los alimentos líquidos, como jugos de frutas y hortalizas, fluidos lácteos y huevo, son los más ampliamente estudiados. En este tipo de proceso ocurre una pasteurización del producto a una temperatura menor que la utilizada en procesos convencionales que permite inactivar los microorganismos patógenos y deteriorativos, mientras se conserva el sabor a fresco y el contenido de vitaminas en el caso específico de jugo procesado. El efecto en los microorganismos es función del campo eléctrico particular y del número de pulsos aplicados o tiempo total de tratamiento. La inactivación microbiana se debe a un potencial transmembrana que se genera debido a la diferencia de potencial eléctrico que rodea a la membrana celular incrementando la permeabilidad de la misma por la formación de poros con la consecuente liberación de material intracelular. En el caso de las enzimas, éstas pueden verse afectadas fácilmente por la presencia de campos eléctricos, llegando a desnaturalizarse; además puede inducirse la asociación y disociación de grupos ionizables o modificar completamente la forma de la proteína (Barbosa-Cánovas et al., 2000).

En el procesamiento con alta presión se tiene la ventaja de que ésta es transmitida inmediata y uniformemente a todo el alimento sin incremento de temperatura. Las aplicaciones específicas de este factor se agrupan en 4 grandes áreas que son el descongelado de alimentos, la gelación, pasteurización de jugos y productos de frutas y el escaldado de frutas y verduras (Tapia et al., 1996).

Dentro de los productos que han sido tratados con alta presión y que muchos de ellos ya se comercializan se encuentran mermeladas de kiwi, manzana y fresa, postres y aderezos de frutas, jugo de uva y de mandarina, calamar fresco, salchichas de pescado, gelatinas, yogurts, guacamole, jamón de res crudo, sake y otros productos de pescado en los cuales las diferentes magnitudes de presión aplicadas pasteurizan y/o procesan estos alimentos (Palou et al., 2002; Palou et al., 2000; Palou et al., 1999; Mozhaev et al., 1994; Cheftel, 1995) Los niveles de presión son del orden de 100-600 MPa (Palou et al., 2002), inactivando a los microorganismos por diversos factores como el cambio de la permeabilidad de la membrana celular así como la desnaturalización de proteínas debido a la inactivación de algunas enzimas (Swientek, 1992). Además se ha visto que es una técnica efectiva en la inhibición de algunas enzimas importantes en el deterioro de alimentos como la peroxidasa en extracto de zanahoria y la polifenoloxidasas en extracto de manzana, siendo más barorresistente esta última (Palou et al., 2000). Otros alimentos en los que se ha estudiado la desnaturalización de enzimas son guacamole, jugos y otros productos frutícolas.

En los factores no térmicos están la radiación ionizante, los campos magnéticos oscilantes, pulsos de luz y el ultrasonido, utilizados en especias, frutas, granos, aves y carnes provocando los tres factores daños a membranas celulares de los microorganismos.

Los campos magnéticos son generados en electromagnetos al hacer pasar una corriente eléctrica, los efectos que producen en microorganismos son la alteración de su crecimiento y reproducción, la locomoción de algunos protozoos, incrementa la síntesis de DNA, cambia la orientación de las biomoléculas y membranas y altera el intercambio iónico de la célula; mientras que en los tratamientos aplicados a enzimas el efecto de los campos magnéticos no es muy claro aún debido principalmente a los pocos estudios que se tienen en este campo. Las aplicaciones que se han hecho en alimentos abarca productos contenidos en bolsas plásticas selladas (Bolado-Rodríguez et al., 2000).

Otros factores de conservación

Otros factores que son empleados en el procesamiento de alimentos son el uso de tratamientos post-cosecha en el que se emplea la inmersión en agua caliente o clorinada de frutas y hortalizas con el fin de desinfectar y reducir la carga microbiana; el uso de microfiltración para la pasteurización de leche y la aplicación de cultivos ácido-lácticos en productos lácteos, cárnicos, vegetales y alimentos refrigerados con procesado mínimo como agentes de biocontrol y la liberación de bacteriocinas efectivas contra flora antagónica y patógena. El uso de este tipo de bacterias, las cuales son mucho más resistentes que otras a pHs bajos, permite usarlas como agentes de biocontrol en alimentos no fermentados incluidos frutas y verduras. Durante el almacenamiento prolongado el cultivo de biocontrol podría crecer y prevenir el crecimiento de microorganismos patógenos por inhibición competitiva.

Además de estos métodos no térmicos se encuentra el uso de agentes químicos como dióxido de carbono subcrítico o supercrítico, polímeros policatiónicos y enzimas con actividad antimicrobiana (Knorr D, 1994).

Dentro de los nuevos factores de conservación térmicos están el calentamiento Óhmico que reduce los niveles de microorganismos y provoca menores pérdidas de calidad debido a que el calentamiento en el alimento ocurre por la generación interna de energía al hacer pasar una corriente eléctrica a través de él, sin requerirse de una superficie caliente. Ha sido empleado con gran éxito en alimentos líquidos como jugo de tomate, naranja y leche (Sastry, 1994). Un factor más es el calentamiento por microondas y por radio frecuencia que permite pasteurizar una gran cantidad de productos como cárnicos, emulsiones para salchichas y jamón y la tecnología *sous vide* que controla e inactiva microorganismos por manejo higiénico, envasado al vacío, cocción controlada y almacenamiento a 0°C pudiendo utilizarse en comidas preparadas completas. En el caso específico de las microondas, su uso industrial no ha podido ser explotado debido a los altos costos que genera el uso de grandes cantidades de energía a

pesar de saber que se logra la inactivación de enzimas como algunas presentes en tomate y soya (Cano, 1994).

Conclusiones

Las nuevas tendencias en el procesamiento de alimentos proponen tener un producto lo más parecido al alimento fresco permitiéndole al consumidor tener alimentos con una vida de anaquel amplia mediante una combinación de factores de conservación, ya que uno solo no es adecuado para tener un AMP. Sin embargo este campo de investigación es muy amplio ya que debe conocerse a fondo el mecanismo de inactivación de los microorganismos o de inhibición de reacciones deteriorativas con cada factor así como el impacto que tiene el ecosistema del alimento, realizar diseños de equipos utilizados a nivel laboratorio con el fin de ser utilizados a nivel industrial, además de los aspectos de seguridad, calidad y costo de los AMP son retos que se presentan dentro de esta área.

Bibliografía

Alzamora SM, López-Malo A y Tapia MS. 2000a. Overview. En *Minimally Processed Fruits and Vegetables. Fundamentals and Applications*. Eds. SM Alzamora, A López-Malo y MS Tapia. Gaithersburg, Maryland, An Aspen Publication.

Alzamora SM, Tapia MS, Leúnda A, Guerrero SN, Rojas AM, Gerschenson LN y Parada Arias E. 2000b. Minimal Preservation of Fruits: A CYTED Project. En: *Trends in Food Engineering*. Ed. JE Lozano, C Añón, E Parada Arias y GV Barbosa Cánovas. Lancaster, Pennsylvania. Technomic Publishing, Co., Inc.

Alzamora SM, Tapia SM y Welti Chanes J. 1998. New strategies for minimally processed foods. The role of multitarget preservation. *Food Science and Technology International*. 4 (5): 353-360.

Alzamora SM. 1997. Preservación I. Alimentos conservados por factores combinados. En: *Temas en Tecnología de Alimentos*. Ed. JM Aguilera. México, D.F., CYTED, IPN, Vol.1

Barbosa-Cánovas GV, Góngora Nieto MM y Swanson BG. 2000. Processing Fruits and Vegetables by Pulsed Electric Field Technology. En: *Minimally Processed Fruits and Vegetables. Fundamentals and Applications*. Eds. SM Alzamora, A López-Malo y MS Tapia. Gaithersburg, Maryland, An Aspen Publication.

Bolado-Rodríguez S, Góngora-Nieto MM, Pothakamury U, Barbosa-Cánovas GV y Swanson BG. 2000. A review of Nonthermal Technologies. En: *Trends in Food Engineering*. Ed. JE Lozano, C Añón, E Parada Arias y GV Barbosa Cánovas. Lancaster, Pennsylvania. Technomic Publishing, Co., Inc.

Cano MP. 1994. Combined Microwave/Freezing Methods to Improve Preserved Fruit Quality. En: *Minimal Processing of Foods and Process Optimization. An Interface*. Eds. RP Singh y FAR Oliveira. Boca Ratón FL, CRC Press.

Cheftel JC. 1995. Review: High Pressure, Microbial Inactivation and Food Preservation. *Food Science and Technology International*. 1: 75-90.

Del Valle JM y Palma MT. 1997. Preservación II. Atmósferas controladas y modificadas. En: *Temas en Tecnología de Alimentos*. Ed. JM Aguilera. México, D.F. CYTED, IPN. Vol 1.

Gould GW. 1995. Overview. En: *New Methods of Food Preservation*. Ed. GW Gould. London, Chapman and Hall.

Gould, GW. 1989. Introduction. *En Mechanisms of action of food preservation procedures*. Ed. GW Gould. Essex, UK. Elsevier Applied Science.

Knorr D. 1994. Non-thermal process for food preservation. En: *Minimal Processing of Foods and Process Optimization. An Interface*. Eds. RP Singh y FAR Oliveira. Boca Ratón FL, CRC Press.

Leistner L. 2000. Hurdle Technology in the Design of Minimally Processed Foods. En: *Minimally Processed Fruits and Vegetables. Fundamentals and Applications*. Eds. SM Alzamora, A López-Malo y MS Tapia. Gaithersburg, Maryland, An Aspen Publication.

López-Malo A, Alzamora SM y Guerrero S. 2000. Natural Antimicrobials from Plants. En *Minimally Processed Fruits and Vegetables .Fundamentals and Applications*. Eds. SM Alzamora, MS Tapia y A López-Malo. Gaithersburg, Maryland, An Aspen Publication.

Mozhaev VV, Heremans K, Frank J, Masson P y Balny C. 1994. Exploring the effects of High Hydrostatic Pressure in Biotechnological Applications. *Trends Biotechnol.* (12): 493-501.

Palou E, López-Malo A y Welte-Chanes J. 2002. Innovative Fruit Preservation Methods Using High Pressure. En: *Engineering and Food for the 21st Century*. Eds. J Welte-Chanes, GV Barbosa Cánovas y JM Aguilera. Boca Ratón FL, CRC Press.

Palou E, López-Malo A, Barbosa Cánovas GV y Welte-Chanes J. 2000. High Hydrostatic Pressure and Minimal Processing. En: *Minimally Processed*

Fruits and Vegetables. Fundamentals and Applications. Eds. SM Alzamora, MS Tapia y A López-Malo. Gaithersburg, Maryland, An Aspen Publication.

Palou E, López-Malo A, Welti-Chanes J, Barbosa Cánovas GV y Swanson BG. 1999. Importance of Water in Foods Preserved by High Hydrostatic Pressure. En: *Water Management in the Design and Distribution of Quality Foods. ISOPOW 7.* Eds. YH Roos, RB Leslie and PJ Lillford., Technomic Publishing Co., Inc. Lancaster, Pennsylvania, USA.

Parada Arias E, Aguilera JM, Chirife J, Tapia de Daza MS y Welti Chanes J. 1995. Alimentos de Humedad Intermedia. *Cuadernos de Nutrición.* 18 (3): 21-28.

Sastry SK. 1994. Ohmic Heating. En: *Minimal Processing of Foods and Process Optimization. An Interface.* Eds. RP Singh y FAR Oliveira. Boca Ratón FL, CRC Press.

Singh PR y Mannapperuma JD. 2000. Minimal Processing of Fruits and Vegetables. En: *Trends in Food Engineering.* Ed. JE Lozano, C Añón, E Parada Arias y GV Barbosa Cánovas. Lancaster, Pennsylvania. Technomic Publishing, Co., Inc.

Swientek RJ. 1992. High Hydrostatic Pressure for Food Preservation. *Food Processing.* 90.

Tapia de Daza MS; Alzamora SM y Welti Chanes J. 1996. Combination of Preservation Factors Applied to Minimal Processing of Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 36 (6):629-659.

Walti Chanes J. 1998. Investigación en ciencia y tecnología de alimentos: estado actual y desarrollo futuro en la conservación y procesamiento de alimentos. *Cuadernos de nutrición*. 21 (4) : 21-28.

Walti Chanes J, Vergara Balderas F y López-Malo A. 1997. Minimally Processed Foods State of the Art and Future. En *Food Engineering 2000*, Eds. P Fito, E Ortega-Rodriguez y GV Barbosa-Cánovas. Nueva York, Chapman & Hall.