

Técnicas emergentes y sostenibles para la desinfección de frutas y hortalizas mínimamente procesadas

Encarna Aguayo, Víctor H. Escalona, Perla Gómez, Francisco Artés Hernández y Francisco Artés Calero (Grupo de Post-recolección y Refrigeración. Departamento de Ingeniería de Alimentos. Universidad Politécnica de Cartagena. Murcia. España. encarna.aguayo@upct.es - www.upct.es/gpostref/).

La demanda de productos mínimamente procesados en fresco (MPF), también denominados comercialmente de la IV Gama, es creciente tanto en los mercados internacionales como nacionales. El consumidor espera obtener un producto de fácil y de rápido consumo, con una alta calidad nutricional, sensorial y microbiológica. Estos productos MPF deben ser seguros y, para ello, es necesario emplear agentes desinfectantes en la etapa de lavado. Desde hace décadas, el cloro se ha usado como principal agente desinfectante. Sin embargo, algunos estudios indican que no siempre destruye la microflora. Además, organizaciones de la salud y del medio ambiente han expresado su preocupación por su empleo debido a la formación de residuos químicos en el agua de proceso que recaen en el medio ambiente, o por generar compuestos perjudiciales para la salud como trihalometanos (THM) y cloraminas considerados tóxicos para el hígado y el riñón (GRAHAM, 1997). Surge así el interés por otras técnicas sostenibles y emergentes de desinfección que puedan reemplazar al cloro, proporcionando otros beneficios como sucede con el ozono, radiaciones ionizantes o no, antimicrobianos naturales, bacteriocinas, tratamientos térmicos, salas blancas, y otros que se revisan seguidamente.

Ozono (O₃)

Es un oxígeno triatómico con un potente efecto oxidante. En 1997, en EE UU un panel de expertos revisó la seguridad y potencialidad del O₃ para la industria alimentaria y lo consideró un agente reconocido como seguro (GRAS) para las aplicaciones en contacto con los alimentos (USDA, 1997). La ventaja más importante de este gas es su espectro más amplio frente a los microorganismos que el cloro (KRADRE *et al.*, 2001).

La aplicación de O₃ reduce la flora microbiana en la superficie de los alimentos ya que su descomposición en la fase acuosa del alimento es rápida y su acción antimicrobiana tiene muy escaso poder de penetración (АЧЕН, 2000). La inactivación de microorganismos por el O₃ es un proceso complejo dado que afecta a numerosos constituyentes celulares: proteínas, lípidos insaturados y enzimas respiratorias en las membranas celulares, péptidoglicanos en envolturas celulares, enzimas y ácidos nucleicos del citoplasma, proteínas y péptidoglicanos en cubiertas de esporas y cápsidas de virus. Además, el O₃ puede inactivar microorganismos al dañar su material genético.

La solubilidad del O₃ depende de la temperatura, pureza y pH del medio. El

mezclado, burbujeo o turbulencia aumenta el contacto con las burbujas y la solubilización en agua y, además, rompe los grupos de microorganismos (KIM *et al.*, 1999). Ameur (2004) y Aguayo *et al.* (2007) encontraron que los lavados de escarola MPF con agua ozonizada (0,4 ppm) aplicados en duchas incrementaron el efecto microbicida del O₃, frente a la inmersión directa del producto. Una de las ventajas del O₃, en especial, en regiones con escasez de agua es que este gas permite recircular y reutilizar el agua de lavado de frutas y hortalizas tras una filtración, al eliminar el color, olor y turbidez del agua tras reducir las cargas orgánicas (AGUAYO *et al.*, 2005; RICE *et al.*, 1982).

Se ha demostrado una mayor eficacia del O₃ cuando los microorganismos se suspenden y tratan en agua pura (con baja demanda de O₃) que en los sistemas complejos como los alimentos (KRADRE *et al.*, 2001) donde se requiere mayor dosis de O₃ para eliminarlos, ya que los constituyentes orgánicos del alimento reaccionan fácilmente con el O₃ reduciendo su capacidad desinfectante. Singh *et al.* (2002) redujeron 1,47 log ufc g⁻¹ de *E. coli* al lavar lechuga con una carga inicial de 7,8 log ufc g⁻¹ en agua ozonizada (10 ppm) durante 5 min. Pocos investigadores han estudiado la disminución de los conteos microbianos en productos vivos tras un periodo de conservación, donde las diferencias con

el testigo pueden ser todavía más estrechas. Aguayo (2003) obtuvo con lavados ozonizados (3 min y 6,5 ppm) en melón Amarillo MPF, reducciones microbianas de 1,2; 0,2; 0,4 y 1,5 log ufc g⁻¹ en la flora de mesófilos, psicrotrofos, levaduras y mohos, respectivamente. Asimismo, en tomate 'Thomas' procesado en cascotes y conservado 10 días a 5°C se logró una notable reducción frente al testigo con los lavados ozonizados (3 min y 3,8 ppm) de 1,9; 1,6 y 0,7 unidades log en los recuentos de mesófilos, psicrotrofos y levaduras, respectivamente. Zhang *et al.* (2005) también redujeron en 1,69 log ufc g⁻¹ la flora microbiana de apio MPF con tan sólo 0,18 ppm O₃ en agua. Silveira *et al.* (2007a) lograron reducir en 1 unidad log el crecimiento de psicrotrofos al lavar melón Galia MPF en secciones con 150 ppm de NaOCl o 0,4 ppm de O₃, combinados con el envasado en sala blanca. Por su parte, Selma *et al.* (2007) redujeron la población de *Shigella sonnei* en 1,8 unidades log cuando lavaron con agua ozonizada (5 ppm) durante 5 min lechuga MPF.

Irradiación

Consiste en exponer el producto a la exposición de radiaciones ionizantes (capaces de transformar moléculas y átomos en iones, quitando electrones) durante un cierto lapso, proporcional a la energía que el alimento absorba. Esta energía por unidad de masa del producto se define como dosis y su unidad es el Gy (la absorción de un J de energía por kg de masa irradiada). Esta técnica inhibe los microorganismos patógenos no esporulados. La aplicación de dosis bajas como 1 kGy, en apio procesado en fresco, redujo en 2 unidades log la población bacteriana de apio MPF, que mantuvo una mayor calidad nutricional (Lu *et al.* 2004). Fan y Sokorai (2002) observaron que la lechuga, brócoli y cilantro MPF, toleran 1 kGy, manteniendo el contenido en vitamina C. Dosis de 1,5 y 2 kGy redujeron el crecimiento de *E. coli* O157:HT y *Salmonella* spp. en rábano y brotes de judía a un límite no detectable (BARI *et al.*, 2004). Sin embargo, este tratamiento no está autorizado en la UE.

Radiaciones UV

La radiación UV-C (200 a 295 nm) se produce mediante una lámpara de vapor de mercurio de baja presión. La energía UV es una radiación no ionizante que posee propiedades germicidas al dañar el ADN microbiano y desnaturalizar las proteínas, aunque esto último en menor medida (Kuo *et al.*, 1997). La radiación UV-C induce la formación de dímeros de pirimidina (aparición de enlaces covalentes entre bases pirimidínicas adyacentes: citosina-citosina o citosina-timina), que distorsionan la doble hélice de ADN, bloqueando la replicación celular al tiempo que produce entrecruzamientos entre los dobles enlaces C=C de los aminoácidos aromáticos. La desnaturalización de las proteínas resultante contribuye a la despolarización de la membrana y la generación de un flujo iónico anormal. De esta manera, las células que no son capaces de reparar el daño causado al ADN, no sobreviven. Sin embargo, la exposición de las células microbianas a la radiación UV-C seguida de una exposición a la luz visible puede inducir mecanismos enzimáticos de fotoreparación así como la expresión de genes de excisión-reparación capaces de restaurar la integridad del ADN (LADO y YOUSEF, 2002). Según Lamikanra *et al.* (2002), al exponer melón cantaloupe a radiación UV-C se modifica la composición de los volátiles presentes, sintetizándose compuestos terpenoides cíclicos y acíclicos como las fitoalexinas, -ionona, geranilacetona y terpenil acetato, responsables de la reducción en el crecimiento microbiano. Asimismo, se ha comprobado que la aplicación de radiación ultravioleta corta (UV-C, 254 nm) a diferentes productos vegetales, con-

trola el crecimiento microbiano y retrasa los procesos asociados con su maduración y senescencia. Se ha citado la reducción de crecimiento de patógenos poscosecha en fresa (MAROUENIE *et al.*, 2002), uva (NIGRO, *et al.*, 1998), calabacín (ERKAN, *et al.*, 2001) y lechuga (ALLENDE y ARTÉS, 2003). Al parecer la radiación UV-C induce la acumulación de sustancias naturales antifúngicas que limitan el crecimiento microbiano. Silveira *et al.* (2006) encontraron que con aplicación de 1,2 a 4,8 kJ m⁻² de radiación UV-C en melón "Galia" MPF combinada con el envasado bajo sala blanca fueron una alternativa eficaz a la desinfección con agua clorada (100 mg L⁻¹ NaOCl), permitiendo alcanzar una vida útil de 10 días a 5°C.

Agua electrolizada (AE)

Esta agua funcional se ha empleado como higienizante en la industria japonesa y se produce por la electrólisis de una solución salina. Las características del AE generada por la parte positiva del electrodo son más de 1100 mV de potencial de óxido-reducción, un pH menor a pH y genera de 20 a 60 ppm de cloro libre. Esta agua se conoce como agua ácida electrolizada (AAcE) y debido al alto poder oxidativo tiene un fuerte efecto microbicida. Por otra parte, el AE producida por el electrodo negativo se conoce como agua alcalina electrolizada (AAIE) con un pH 11 y posee un importante efecto detergente. Actualmente en Japón se estudian las aplicaciones de AE en el control de microorganismos, preservación del poder antioxidante de los alimentos y eliminación de pesticidas residuales tóxicos en alimentos. La combinación de AE (AAcE y AAIE) redujo la carga de microorganismos sobre la superficie de hortalizas frescas sin alterar su color. También se comprobó el poderoso efecto antimicrobiano superficial del AE aplicada en baños de 1, 5 y 10 min a 20°C sobre esporas de *Botryosphaeria* sp inoculadas en peras (AL-HAO *et al.*, 2002). Park *et al.* (2001) encontraron que la actividad microbicida de AE sobre *E. coli* y *L. monocytogenes* fue elevada cuando el nivel de cloro residual fue igual o superior a 1 mg L⁻¹. Otras investigaciones han demostrado un fuerte efecto bactericida del AAcE contra patógenos y bacterias de deterioro debido al bajo pH y elevado potencial oxido-reducción de estas aguas (BARI *et al.*, 2003). En ensaladas de lechuga tratadas con AAcE durante 10 min se redujeron los recuentos de aerobios en 2 log ufc g⁻¹ sin afectar su calidad organoléptica (Koseki *et al.*, 2001). En cilantro cortado conservado 14 días a 0°C, la aplicación de AAcE tuvo un moderado control sobre el crecimiento de bacterias aerobias (WANG *et al.*, 2004).

Antimicrobianos químicos

Actualmente, los desinfectantes orgánicos emergentes para sustituir al NaClO son ácido peroxiacético (conocido comercialmente como Tsunami), clorito sódico acidificado con un 50% de cítrico (denominado comercialmente Sanova), dióxido de cloro (ClO₂) y ácidos orgánicos como cítrico y láctico. El Pro-Sam, es un formulado comercial, compuesto de 66% de ácido cítrico con un 3,6% de dodecilbenzen sulfonato de sodio y Purac la fórmula comercial de ácido láctico tamponado o en polvo, en forma de lactato de sodio, potasio o amonio (Purasal, Puramex) combinado o no con gluconatos (Gluconal), etc. Seguidamente se revisan sus características.

Ácido peroxiacético: se ha demostrado que es efectivo contra *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes* en frutas y hortalizas frescas (BEUCHAT *et al.*, 2004; RODGERS *et al.*, 2004). Los tratamientos de lechuga MPF con 40 y 80 µg ml⁻¹ durante 5 min redujeron la flora de *Enterobacter sakazakii* hasta

en 5 unidades log (Kim *et al.*, 2006). Silveira *et al.* (2007a) con 68 ppm de ácido peroxiacético redujeron en 2 unidades log la población psicrotrofa y en 1 unidad log los recuentos de mesófilos respecto al tratamiento convencional (150 ppm NaOCl), prolongando la vida útil de melón Galia MPF hasta 10 días a 5°C.

Clorito sódico acidificado: González *et al.* (2004) utilizaron este desinfectante para reducir la población *E. coli* O157:H7 en zanahoria rallada. Ruiz-Cruz (2007) inocularon con *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp. o *Listeria monocytogenes* y lavaron durante 1 ó 2 min con NaClO (200 ppm), ácido peroxiacético (40 ppm) o clorito sódico acidificado (100, 200, 500 ppm). La reducción microbiana más efectiva se obtuvo con clorito sódico que mantuvo a los patógenos con un crecimiento inferior a 1 unidad log tras 10 días a 5°C. Conesa *et al.* (2007) redujeron en 2 unidades log el crecimiento de mesófilos, psicrotrofos y enterobacterias de rodajas de pimiento cuando se lavaron con 250 ppm de clorito sódico respecto al tratamiento convencional (150 ppm NaClO a pH 6,5) después de 7 días a 5°C. Además observaron que la actividad antioxidante se mantenía, frente a una pérdida del 10% en el tratamiento con NaClO.

El dióxido de cloro: es un biocida oxidante que destruye microorganismos por la interrupción del transporte de nutrientes a través de la membrana celular y no por interrumpir el proceso metabólico. El ClO₂ esta protegido en soluciones acuosas y añadiendo ácido hasta una cierta concentración se activa el desinfectante. Es uno de los biocidas oxidantes más selectivo, reaccionando solo con compuestos de sulfuro reducidos, y aminoras secundarias y terciarias, y algún otro reactivo reducido orgánico activo. En concreto, se ha comprobado la eficacia del ClO₂ a unas 5 ppm para reducir la carga de *E. coli* O157:H7 y *L. monocytogenes* inoculadas en manzanas, lechuga, fresa y melón cantaloupe MPF (RODGERS *et al.* 2004).

Ácidos orgánicos (cítrico, láctico, ascórbico, acético, etc): en general, los lavados con Tsunami, Sanova y Purac tienen un efecto muy importante para reducir la carga bacteriana, aunque su efecto frente a mohos y levaduras es mucho menor, probablemente debido a la alta acidez de estos compuestos en disolución (pH entre 2,1 y 2,7). Martínez-Sánchez *et al.* (2006) utilizaron 20 mL L⁻¹ de ácido láctico en el lavado de hojas de "rocket" logrando reducir 2 unidades log frente al lavado con agua. Gómez y Artés (2004) observaron en apio cortado en secciones que una solución de ácido ascórbico (0,5 M) y ácido acético (0,1M) tenía igual eficacia para reducir la flora microbiana que el lavado con 100 mg L⁻¹ ClONa.

Antimicrobianos naturales

Muchos compuestos naturales con actividad antimicrobiana, pueden prolongar la vida útil de los alimentos. Los sistemas antimicrobianos naturales pueden clasificarse por su origen animal, vegetal y microbiano. El primero de ellos incluye proteínas, enzimas líticas (como lisozima) e hidrolasas, como lipasas y proteasas (BEUCHAT, 2001) y polisacáridos como el quitosano (DAVIDSON y ZIVANOVIC, 2003). El segundo grupo incluye compuestos fenólicos provenientes de cortezas, tallos, hojas, flores, ácidos orgánicos de frutos y fitoalexinas producidas en plantas (BEUCHAT, 2001), mientras que el tercero incluye compuestos producidos por microorganismos. Por la reducida extensión de este trabajo nos limitaremos a citar algunos de ellos. Timol, carvacrol, eugenol, citral y vainilli-

na tienen un alto potencial antimicrobiano y pueden utilizarse como desinfectantes. La vainillina, el principal constituyente de la vainilla, ha mostrado en mango MPF una importante actividad contra bacterias y hongos (DELAQUIS *et al.*, 2004). Por su parte, Moon *et al.* (2006) comprobaron también su efecto antimicrobiano en distintas especies de *L. monocytogenes*.

Bacteriocinas

Son compuestos de tipo proteico con efecto bactericida, producidos por diferentes estirpes bacterianas. Las bacteriocinas se consideran compuestos naturales seguros ya que son degradadas por las proteasas gastrointestinales. Las bacterias ácido lácticas y/o sus metabolitos con actividad antimicrobiana se usan como antibacterianos naturales en productos hortofrutícolas (BREIDY y FLEMING, 1998). Los más utilizados son nisinas, aunque también se emplean pediocinas, plantaricinas y lactocinas. Allende *et al.* (2006) trataron lechuga MPF con soluciones de bacteriocinas como ccagulina (50 AU ml⁻¹) y nisina (50 AU ml⁻¹) logrando reducciones de hasta 2 unidades log con coagulina e incluso 1,5 unidades log de *L. monocytogenes*.

Tratamientos térmicos

El interés en el uso de los tratamientos térmicos, ya sean con vapor o inmersiones en agua caliente, ha aumentado por sus efectos positivos, como la reducción de los daños por frío, el control del crecimiento microbiano y la prolongación de la vida poscosecha al retardar procesos vinculados a la madurez y la incidencia de podredumbres (FALLIK, 2004). La inmersión en agua a 55°C durante 2min o 52,5°C durante 4min en cebollas verdes MPF, resultó ser muy efectiva de controlar la germinación y el crecimiento microbiano y para mantener el brillo de las hojas durante el almacenamiento (CANTWELL *et al.* 2001). También se ha reportado una disminución en la población microbiana de brotes de soja tratados 30s a 60°C (PARK *et al.*, 1998). Silveira *et al.* (2007b) realizaron inmersiones en agua caliente durante 60, 90 y 120 s seguidas o no de un lavado con ácido peroxiacético, obteniendo unos recuentos psicrófilos de 6,1 log ufc g⁻¹, mientras que alcanzaron 7,9 log ufc g⁻¹ al lavar con agua a 5°C 60 s con ácido peroxiacético o con agua a 60°C durante 50 s sin ácido peroxiacético. En el recuento de mesófilos, los mayores valores también se encontraron en los lavados con agua fría o caliente durante 60 s con o sin ácido peroxiacético (7,4 y 7,9 log ufc g⁻¹ respectivamente) mientras que con tratamientos térmicos de 90 ó 120 s se obtuvieron los más bajos (6,8 y 6,1 log ufc g⁻¹ respectivamente). Por tanto, los tratamientos térmicos de 90 s y, en especial, los de 120 s, potenciaron el efecto antimicrobiano del ácido peroxiacético, siendo una alternativa para prolongar la vida útil del melón Galia MPF hasta 10 días a 5°C sin agravar su ablandamiento.

Salas blancas (SB)

Es una técnica innovadora que contribuye a frenar el crecimiento microbiológico, prolongando así la vida útil del producto. Las SB cumplen la necesidad de controlar la contaminación o calidad del aire en diversas industrias (electrónica, micro-mecánica, óptica, biotecnológica, etc), aunque apenas se han usado en la industria alimentaria. Los esfuerzos se dirigen a buscar procesos higiénicos, siendo uno de los principales controlar la contaminación del aire en áreas de trabajo de la industria de procesado mínimo, especialmente tras la etapa de lavado para mantener su eficacia. Una SB es un recinto técnicamente limpio. La Federal Standard 209D clasifica las SB de clase 1 a 100.000 donde el máximo número de partículas mayo-

res de 0.5 mm por pie³ de aire será de 1 a 100 000, respectivamente. Hasta ahora, muy pocos trabajos se han realizados en SB para productos MPF. Con la aplicación de SB redujeron en 1 unidad log la población psicrotrofa inicial de arilos de granada MPF y fue un eficaz coadyuvante de la irradiación UV-C o del cloro para reducir la población microbiana final (CONESA *et al.* 2005) o de melón Galia MPF (SILVEIRA *et al.* 2006), pero no mostró beneficios al utilizarse de forma aislada.

Combinación de tratamientos

Como ya se ha expuesto a través de algunos ejemplos, en general, la combinación de dos o más desinfectantes puede tener un efecto sinérgico permitiendo reducir la dosis de los desinfectantes cuando se emplean por separado.

Recordemos finalmente que para reducir o evitar cualquier riesgo de enfermedad lo mejor es una correcta prevención, ya que la contaminación llega

desde el campo a la mesa. Es muy importante entender los mecanismos de contaminación, informar a los productores, procesadores y consumidores, investigar para desarrollar adecuadas estrategias de prevención, rediseñar los procesos alimentarios de producción y aplicar políticas de seguridad. Un buen programa sanitario comienza con unas instalaciones bien diseñadas y sigue con un personal técnico cualificado que disponga de herramientas apropiadas para implantar un programa de seguridad alimentaria. Además, es imprescindible implantar un sistema de análisis de peligros y puntos de control crítico, para prevenir la contaminación de cualquier producto MPF durante el cultivo, recolección, procesado y distribución. Además siempre hay que tener en cuenta, que la eficacia de las técnicas desinfectantes dependerá de la especie, cultivar, variedad, forma de cultivo, época de recolección, métodos de desinfección y conservación, tipo de flora predominante, pH del producto, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- ACHEN, M. 2000. *Efficacy of ozone in inactivating Escherichia coli O157:H7 in pure cell suspensions and on apples*. M.S. Thesis. The Ohio State University, Columbus.
- ALLENDE, A., ARTÉS, F. 2003. *UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'Lollo Rosso' lettuce*. Food Res. Intl. 36: 739-746.
- ALLENDE, A., MARTÍNEZ, B., SELMA, M.V., GIL, M.I., RODRÍGUEZ, A. 2006. *Bacteriocinas: agentes antimicrobianos en productos vegetales frescos cortados*. En: Valero D, Serrano M (Eds). *Innovaciones Fisiológicas y Tecnológicas de la maduración y postrecolección de frutas y hortalizas* presentado en VIII Simposio Nacional y V Ibérico de Maduración y Postrecolección. Universidad Miguel Hernández: 181-185.
- AL-HAQ, M.I., SEO, Y., OSHITA, S., KAWAGOE, Y. 2002. *Disinfection effects of electrolyzed oxidizing water on suppressing fruit rot of pear caused by Botryosphaeria berengeriana*. Food Research International, 35 657-664.
- AGUAYO, E. 2003. *Innovaciones Tecnológicas en la conservación de tomate y melón procesado en fresco*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, 386 p.
- AGUAYO, E., ESCALONA, V.H. Y ARTÉS, F. 2005. *Revisión. El ozono y su utilización en la industria agroalimentaria*. Alimentaria, Revista de Tecnología e Higiene de los Alimentos, 366, 34-47.
- AGUAYO, E., ALLENDE, A., AMEUR, M., ARTÉS, F. 2007. *Microbiological Quality of Shredded Endive as Affected by Pre-washing and Chlorinated or Ozonated water*. CIGR Section VI 3rd International Symposium. Food and Agricultural Products: Processing and Innovations. Nápoles, Italia, 24-26 Septiembre.
- AMEUR, M. 2004. *Eficacia del agua ozonizada o clorada en la calidad de la escalora procesada en fresco*. Trabajo de Fin de Carrera. Universidad Politécnica de Cartagena, 130 p.
- BARÍ, M.L., AL-HAQ, M.I., KAWASAKI, T., NAKAUMA, M., TODORIKI, S., KAWAMOTO, S., ISSHIKI, K., 2004. *Irradiation to Kill Escherichia coli O157:H7 and Salmonella on Ready-to-Eat Radish and Mung Bean Sprouts*. J.Food Protection, 67, 10, 2263-2268.
- BARÍ, M., SABINA, Y., ISOBE, S., UEMURA, T., ISSHIKI, K. 2003. *Effectiveness of electrolyzed acidic water in killing Escherichia coli O157:H7, Salmonella Enteritidis and Listeria monocytogenes on the surfaces of tomatoes*. J. Food Prot. 66:542-548.
- BEUCHAT, L.R. 2001. *Control of foodborne pathogens and spoilage microorganisms by naturally occurring antimicrobials*. En: *Microbial Food Contamination*. Wilson CL, S Droby. (Ed.). CRC Press. London, UK. Capítulo 11: 149-169.
- BEUCHAT, L.R., SCOUTEN, A.J., 2004. *Factors affecting survival, growth, and retrieval of Salmonella Poona on intact and wounded cantaloupe rind and in stem scar tissue*. Food Microbiology 21, 683-694.
- BREIDT, F., FLEMING, H.P. 1998. *Modeling of the competitive growth of Listeria monocytogenes and Lactococcus lactis in vegetable broth*. Appl Environ Microbiol, 64, 3159-3165.
- CANTWELL, M.I., HONG, G., SUSLOW, T.V. *Heat treatments control extension growth and enhance microbial disinfection of minimally processed green onions*. HortScience 36, 732-737, 2001.
- CONESA A, AGUAYO E, LÓPEZ-RUBIRA V, ARTÉS F. 2005. *Combined use of clean room, disinfection and modified atmosphere packaging for improving quality of minimal fresh processing pomegranate arils*. Australasian Postharvest Horticulture Conference. Rotorua, New Zeland. Sept: 33.
- CONESA, A., ARTÉS-HERNÁNDEZ, F., SILVEIRA, A.C., ARTÉS, F. 2007. *Acidified sodium chlorite as emerging disinfectant for fresh-cut bell peppers*. COST action 924: "Novel approaches for the control of postharvest diseases and disorders". Bologna, Italia, 3-5 Mayo.
- DAVIDSON, P.M., ZIVANOVIC, S. 2003. *The use of natural antimicrobials*. En: *Food Preservation Techniques*. Zeuthen P, L Bogh-Sorensen. (Ed.). Washington, D.C., USA. Capítulo 2: 5-29.
- DELAQUIS, P., STANICH, K., TOIVONEN, P. 2004. *Antilisterial activities of vanillin and vanillic acid*. Abstracts, Annual Meeting of the International Association of Food Protection. Phoenix, AZ, Agosto 8-11.
- ERKAN, M., WANG, C. Y., KRIZEK, D.T. 2001. *UV-C radiation reduces microbial populations and deterioration in Cucurbita pepo fruit tissue*. Environm. Exper.Botany, 45: 1-9.
- FALLIK, E. *Prestorage hot water treatments (immersion, rising and brushing)*. Postharvest Biol. Technol. 32, 125-134, 2004.
- FAN, X., SOKORAI, KJB. 2002. *Sensorial and Chemical Quality of Gamma-Irradiated Fresh-Cut Iceberg Lettuce in Modified Atmosphere Packages*. J. Food Protection, 65, 11, 1760-1765.
- GONZÁLEZ, R.J., LUO, Y., RUIZ-CRUZ, S., MCEVOY, J.L. 2004. *Efficacy of sanitizers to inactivate Escherichia coli O157:H7 on fresh-cut carrot shreds under simulated process*

- water conditions. *J. Food Protection* 67, 2375–2380.
- GÓMEZ, P., ARTÉS, F. 2004. *Ascorbic and citric acids to preserve quality of minimally processed green celery*. IV Simposio Ibérico de Maduración y Postcosecha. Proceedings: 369-373. Oeiras, Portugal.
- GRAHAM, D.M. 1997. *Use of ozone for food processing*. *Food Technol.* 51, 6, 72-75.
- KHADRE, M.A., YOUSEF, A.E., KIM, J.G. 2001. *Microbiological aspects of ozone applications in food: a review*. *J. Food Sci.*, 66, 9, 1242-1252.
- KIM, J.G., YOUSEF, A.E., CHISH, G.W. 1999. *Use of ozone to inactivate microorganism on lettuce*. *J. Food Safety*, 19, 17-34.
- KIM, H., RYU J.H, BEUCHAT, L.R. 2006. *Survival of Enterobacter sakazakii on fresh produce as affected by temperature, and effectiveness of sanitizers for its elimination*. *International J. Food Microbiol.* 111, 134–143.
- KOSEKI, S., YOSHIA, K., ISOBES, ITOH, K. 2001. *Decontamination of lettuce using acidic electrolyzed water*. *J Food Prot* 64: 652-658.
- KUO, F. L., RICKE, S. C., CAREY, J. B. 1997. *Shell egg sanitation: UV radiation and egg rotation to effectively reduce populations of aerobes, yeasts, and molds*. *J. Food Protection*, 60, 694–697.
- LADO, BH., YOUSEF, AE. 2002. *Alternative food-preservation technologies: Efficacy and mechanisms*. *Microbes and Infection*, 4, 433-440.
- LU, Z., YU, Z., GAO, X., LU, F., ZHANG, L. 2004. *Preservation effects of gamma irradiation on fresh-cut celery*. *J. Food Engineering*.
- MARQUENIE, D., MICHELIS, C. W., GEERAERD, A. H., SCHENK, A., SOONTJENS, C., VAN IMPE, J. F., NICOLAI, B. M. 2002. *Using survival analysis to investigate the effect of UV-C and heat treatment on storage rot of strawberry and sweet cherry*. *Int. J. Food Microbiol.*, 73: 187–196.
- MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A., ALLENDE, A., BENNETT, R.N., FERRERES, F., GIL, M.I. 2006. *Microbial, nutritional and sensory quality of rocket leaves as affected by different sanitizers*. *Postharvest Biology and Technol.* 42, 86–97.
- MOON, K.D., DELAQUIS, P., TOIVONEN, P., STANICH, K. 2006. *Effect of vanillin on the fate of Listeria monocytogenes and Escherichia coli O157:H7 in a model apple juice medium and in apple juice*. *Food Microbiology* 23 (2006) 169–174.
- NIGRO, F., IPPOLITO, A. AND LIMA, G. 1998. *Use of UV-C light to reduce Botrytis storage rot of table grapes*. *Postharvest Biol. Technol.* 13: 171–181.
- PARK, W.P., CHO, S.H., LEE, D.S. 1998. *Effect of minimal processing operations on the quality of garlic, green onion, soybean sprouts and watercress*. *J. Sci. Food Agric.* 77, 282-286.
- PARK, C. M., HUNG, Y. C., DOYLE, M. P., EZEIKE, G. O. I., KIM, C. 2001. *Pathogen reduction and quality of lettuce treated with electrolyzed oxidizing and acidified chlorinated water*. *J. Food Sci.* 66, 1368–1372.
- RICE, R.G., FARQUHAR, J.W., BOLLYKY, L.J. 1982. *Review of the applications of ozone for increasing storage times of perishable foods*. *Ozone Sci. Eng.* 4, 147-163.
- RODGERS, S.L., CASH, J.N., SIDDIQ, M., RYSER, E.T. 2004. *A comparison of different chemical sanitizers for inactivating Escherichia coli O157:H7 and Listeria monocytogenes in solution and on apples, lettuce, strawberries, and cantaloupe*. *J. Food Protection* 67, 721–731.
- RUIZ-CRUZ, S., ACEDO-FÉLIX, E. DÍAZ-CINCO, M., ISLAS-OSUNA, M.A., GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A. 2006. *Efficacy of sanitizers in reducing Escherichia coli O157:H7, Salmonella spp. and Listeria monocytogenes populations on fresh-cut carrots*. *Food Control*. In press.
- SELMA, M.V., BELTRÁN, D., ALLENDE, A., GIL, M.I. 2007. *Elimination by ozone of Shigella sonnei in shredded lettuce and water*. *Food Microbiol.*, 24 492–499.
- SILVEIRA AC, AGUAYO E, ARTÉS-HERNÁNDEZ F, ARTES F. 2006. *Radiación UV-C y envasado en Sala Blanca, alternativas a la desinfección con cloro en melón "Galia" mínimamente procesado en fresco*. En: Valero D, Serrano M (Eds). *Innovaciones Fisiológicas y Tecnológicas de la maduración y postcosecha de frutas y hortalizas presentado en VIII Simposio Nacional y V Ibérico de Maduración y Postcosecha*. Universidad Miguel Hernández: 181-185.
- SILVEIRA, A.C., AGUAYO, E., LEGLISE, A., ARTES, F. 2007. *Emerging Sanitizers and Clean Room Improved the Microbial Quality of Fresh-cut 'Galia' Melon*. *CIGR Section VI 3rd International Symposium. Food and Agricultural Products: Processing and Innovations*. Nápoles, Italia, 24-26 Septiembre.
- SILVEIRA, A.C., AGUAYO, E., LEGLISE, A., ARTES, F. 2007. *Los tratamientos térmicos combinados con ácido peroxiacético favorecen la calidad del melón Galia mínimamente procesado*. *Avances em Ciências e Técnicas do Frio*. IV Congresso Ibérico, II Congresso Iberoamericano de Ciências e Técnicas do Frio. CYTEF-2007.
- SINGH, N., SINGH, R.K., BHUNIA, A.K., STROSHINE, R.L. 2002. *Effect of inoculation and washing methods on the efficacy of different sanitizers against Escherichia coli O157:H7 on lettuce*. *Food Microbiol.*, 19, 183-193.
- USDA. 1997. *Substances generally recognized as safe, proposed rule*. *Federal Register*, 62, (74), 18937-18964.
- ZHANG, L., LU, Z., YU, Z., GAO, X. 2005. *Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water*. *Food Control*, 16, 279-289.