



Revista Iberoamericana de Tecnología

Postcosecha

ISSN: 1665-0204

rebasa@hmo.megared.net.mx

Asociación Iberoamericana de Tecnología

Postcosecha, S.C.

México

Artés, Francisco; Gómez, Perla; Artés--Hernández, Francisco; Aguayo, Encarna  
Innovaciones en el mantenimiento de la calidad y seguridad alimentaria de los productos hortícolas  
mínimamente procesados

Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 12, núm. 1, junio, 2011, pp. 8-18  
Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C.  
Hermosillo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81318808003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](http://redalyc.org)

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## **INNOVACIONES EN EL MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA DE LOS PRODUCTOS HORTÍCOLAS MÍNIMAMENTE PROCESADOS**

**Francisco Artés, Perla Gómez, Francisco Artés-Hernández y Encarna Aguayo**

Grupo de Postrecolección y Refrigeración. Universidad Politécnica de Cartagena. Pº Alfonso XIII, 48. E-30203. Cartagena, Murcia, España. Tel. +34 968 325510. Fax. +34 968 325433. [fr.artes@upct.es](mailto:fr.artes@upct.es) [www.upct.es/gpostref](http://www.upct.es/gpostref)  
Instituto de Biotecnología Vegetal. Universidad Politécnica de Cartagena. Campus Muralla del Mar, E-30202. Cartagena, Murcia, España. Tel. +34 868 071066. Fax. +34 968 325433.  
<http://www.upct.es/~ibvupct/index.php>

*Palabras clave: procesado mínimo, hortalizas, tratamientos combinados, calidad global, seguridad, desinfectantes emergentes y sostenibles*

### **RESUMEN**

El presente trabajo revisa diversos métodos para preservar la calidad y garantizar la seguridad alimentaria de los productos hortícolas mínimamente procesados en fresco, a veces denominados de “Cuarta gama”. Aunque la desinfección por cloro ha sido prohibida en diversos países al generar residuos potencialmente tóxicos, sigue siendo necesaria en la industria, por lo que conviene estudiar las técnicas de procesado más idóneas, incluyendo alternativas al NaClO emergentes y sostenibles, desarrolladas recientemente. Se examinan con más atención las que muestran más posibilidades de aplicación industrial y se han estudiado en nuestro Grupo de Investigación. Entre ellas se citan soluciones antimicrobianas con ácidos orgánicos, como el ácido peroxiacético, solo o combinado con cítrico y/o ascórbico, clorito sódico acidificado, ClO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, clorito sódico acidificado, el dodecil benzen sulfonato sódico, bactericinas, el O<sub>3</sub>, la radiación UV-C, el agua electrolizada y alguna aplicación de agua caliente o vapor de agua y extractos naturales. También se revisan técnicas complementarias como las películas comestibles, el envasado en atmósferas sobreoxigenadas solas o combinadas con elevado CO<sub>2</sub>, así como con gases no convencionales como He, Ar, Xe o N<sub>2</sub>O y las salas limpias o blancas. Se reseña la conveniencia de efectuar tratamientos combinados frente al desarrollo de los microorganismos y prevenir su capacidad para resistir métodos de control previamente eficaces.

### **INNOVATIONS FOR THE QUALITY AND FOOD SAFETY MAINTENANCE OF FRESH MINIMALLY PROCESSED HORTICULTURAL CROPS**

*Key words: minimum process; vegetables, combined treatments, global quality, safety, new and sustained disinfectants,*

### **ABSTRACT**

This work is a review of some methods to preserve the quality and food safety of fresh minimally processed horticultural crops called “gamma IV”. Besides the disinfection with chloride had been a problem in some countries, because the generation of toxic residues, continue being necessary for the industry. In this way, it is convenient to study more adequate techniques, including new and sustained alternatives to NaClO. The techniques that show more possibilities for industrial use and studied into our research group are examined carefully. Some of that are the antimicrobiological solutions with organic acids as the peroxiacetic acid alone or combined citric or ascorbic acid, acidified sodium chlorate, ClO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, sodium dodecyl benzen sulfonate, bactericides, O<sub>3</sub>, UV-C

radiation, electrolyzed wather and some application of hot water or stream and natural extracts. Moreover some complimentary techniques as edible films, packing with over oxygenic atmospheres alone or combined with high concentration of CO<sub>2</sub>, or using not conventional gasses as He, Ar, Xe o N<sub>2</sub>O and using clean and white rooms for processing. The convenience to do some combined treatments against microorganism development and avoid their capacity of resistance against effective controls before developed.

## 1.- INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del cambio en los hábitos alimentarios, sobre todo en los países industrializados, está creciendo mucho la demanda de los productos vegetales mínimamente procesados en fresco (MPF), a veces denominados comercialmente de la "Cuarta gama" de la alimentación, caracterizados por ser naturales, frescos, saludables y estar dispuestos para consumir, sin generar residuos. La industria especializada está satisfaciendo esa demanda ofertando productos MPF, convencionales e innovadores, elaborados para garantizar la seguridad alimentaria y la calidad microbiana, sensorial y nutritiva exigida por los consumidores y a precios generalmente asequibles.

En las plantas industriales de elaboración de productos MPF, con cierta frecuencia se detectan defectos que causan daños físicos evitables, contaminaciones microbianas y reacciones químicas y enzimáticas indeseables, con deterioro de los elaborados por pérdida de atributos de calidad y desarrollo microbiano. Así, pueden crecer, incluso por debajo de 5°C, géneros fúngicos y bacterias mesofílicas y psicrotróficas y patógenas como *Escherichia coli*, *Aeromonas hydrophila*, *Salmonella sp*, *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes* o *Staphylococcus aureus* (Artés et al., 2007). El diseño óptimo de las instalaciones industriales y la aplicación de las técnicas de procesado idóneas, como las que se reseñan seguidamente, consiguen minimizar estos aspectos negativos, tanto en la desinfección de las materias primas y

elaborados, como en la necesaria prevención de la contaminación cruzada.

Los tejidos dañados y la pérdida de componentes celulares durante el procesado ofrecen unas condiciones óptimas para el desarrollo de los microorganismos sobre los productos y el agua de proceso. El tipo, especie y los niveles microbianos varía con el producto, las prácticas de cultivo y las condiciones higiénicas durante la manipulación y el procesado, aunque la temperatura es el factor esencial. Además de optimizar la manipulación y el cortado, con instrumentos adecuados y bien afilados, sobre productos refrigerados y mantenidos en un ambiente a temperatura inferior a 8-10°C, un prelavado con agua a 5°C o menos favorece la calidad microbiológica (Artés et al., 2007). La calidad del agua influye mucho sobre la eficacia del lavado-desinfección ya que al aumentar en ella la proporción de materia orgánica, los microorganismos se adhieren más fácilmente al vegetal y su eliminación es más difícil (Allende et al., 2008).

La contaminación microbiana es el mayor responsable del deterioro de los productos MPF y el lavado-desinfección es la única etapa en el procesado mínimo industrial capaz de reducir los niveles iniciales sobre las materias primas hortícolas. El desinfectante más empleado es el cloro, como NaClO, a concentraciones de 50 a 150 ppm, por ser barato y, generalmente, eficaz. Su forma antimicrobiana más efectiva es el HOCl, pero la disociación del HOCl depende del pH de la disolución, por lo que éste se ajusta con ácidos ascórbico y/o cítrico hasta 6,5 para lograr su

máxima eficacia, controlándose el nivel de cloro (Artés y Allende, 2005; Artés-Hernández y Artés, 2005; Artés et al., 2007). Pero el empleo del cloro entraña riesgos de corrosión de equipos por su fuerte capacidad oxidante, de fugas al ambiente de trabajo que perjudican a los trabajadores, o de formar subproductos nocivos para la salud al reaccionar con la materia orgánica, aunque sea en muy bajas concentraciones, que pueden ser potencialmente cancerígenos y con probada toxicidad para el hígado, la vejiga y el riñón, como cloroformo, ácidos haloacéticos, clorometanos y cloraminas (Nieuwenhuijsen et al., 2000). Recientemente se ha revisado la elevada presencia de subproductos del cloro en el agua y su relación con la salud (Hrudey, 2009). Además, puede dejar residuos en el medio ambiente y su eficacia es limitada a cierto rango de pH y en algunos productos, por lo que se está restringiendo su utilización en Europa. De hecho, el empleo del cloro está prohibido en la industria de productos MPF de Alemania, Países Bajos, Dinamarca, Suiza y Bélgica (Carlin y Nguyen-the, 1999; Betts y Everis, 2005; Artés et al., 2009a).

Pero como lavar sólo con agua no es la solución, ya que no garantiza ni la eliminación de la flora alterante y patógena, causante de contaminación directa y cruzada, ni la seguridad alimentaria, la cloración es aún necesaria en la industria, aunque conviene estudiar posibles alternativas.

Por cuanto antecede, se están ensayando nuevas técnicas desinfectantes emergentes y sostenibles en el lavado y antimicrobianos en el envasado o previamente, para mantener mejor la calidad global de los elaborados MPF. Es de reseñar que aún no se dispone en la Unión Europea de la necesaria norma que regule la aplicación de éstos procedimientos eco-innovadores, sobre los que seguidamente se revisan algunos resultados recientes, en

particular los de nuestro Grupo de Investigación. El principio general que inspira su uso es el de efectuar tratamientos combinados basados en la teoría de establecer barreras al desarrollo microbiano.

## 2.- SELECCIÓN VARIETAL Y TIPO DE CULTIVO.

En el procesado mínimo de hortalizas es esencial la selección del cultivar y variedad idónea, especialmente por su sabor, pero también ciertos tipos de corte resultan más susceptibles al desarrollo microbiano y/o más atractivos que otros para los consumidores, como sucede en el tomate o el melón (Aguayo et al., 2001ab; Silveira et al., 2007a).

Como ejemplo de cultivo innovador, la producción hidropónica en bandejas flotantes de hortalizas de hoja pequeña para MPF, resulta sencilla, rentable, facilita la recolección manual e incluso mecánica y minimiza la acumulación de nitratos y la carga microbiana, lo que proporciona materias primas idóneas (Fernández et al., 2006; Rodríguez-Hidalgo et al., 2006, 2007, 2009 y 2010).

## 3.- INNOVACIONES EN EL LAVADO-DESINFECCIÓN

En la etapa de lavado-desinfección, además de enfriar el producto si fuese necesario, se elimina la suciedad y los fluidos intercelulares tras el corte, reduce la carga microbiana y restos de fitosanitarios de la superficie de los productos, limita los desórdenes fisiológicos. Al mismo tiempo descontamina el agua, evitando posibles contaminaciones cruzadas y reduce su consumo. Esta etapa tiene, por tanto, notables implicaciones técnicas y económicas y es esencial para la calidad, seguridad y vida útil del elaborado (Ahvenainen, 1996; Artés, 2000).

Entre los desinfectantes capaces de sustituir al NaClO se encuentran el ácido

peroxiacético, una combinación de ácido peracético ( $\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$ ) y  $\text{H}_2\text{O}_2$ , el clorito sódico acidificado, el dodecil benzen sulfonato sódico, el  $\text{ClO}_2$  y el ácido láctico. Se ha investigado su eficacia en productos MPF como lechuga, espinaca, escarola, pimiento, melón, hinojo, colirrábano y en numerosos brotes de hortalizas foliáceas (tat soi, rúcula, red-chard, mizuna, colleja o verdolaga). En el laboratorio suelen reducir de 1 a 2 unidades logarítmicas ( $\log \text{UFC g}^{-1}$ ) el crecimiento de mesófilos, psicrotrofos y enterobacterias respecto a 100-150 ppm  $\text{NaClO}$  a pH 6,5 (Aguayo et al., 2007; Conesa et al., 2007c; Artés et al., 2009ab).

Otros desinfectantes de interés son las bactericinas (compuestos proteicos bactericidas producidos por diversas bacterias), entre las que la nisin es la más empleada, pero también se estudia la pediocina, plantaricina y lacticina. Por ejemplo, 250 mg/L de nisin combinada con 100 mg de EDTA, controló el crecimiento microbiano en melón "Galia" MPF (Silveira et al., 2008).

El  $\text{O}_3$  es un potente oxidante que, a bajas concentraciones y poco tiempo de contacto, inactiva muy eficazmente bacterias, hongos, esporas, virus y protozoos en la superficie de los productos MPF. La susceptibilidad de los microorganismos a su acción depende del producto, dosis, método de aplicación (agua ozonizada o gas), temperatura, pH del medio, humedad relativa y nivel de sustancias orgánicas presentes. Por su parte, la solubilidad del  $\text{O}_3$  depende de la temperatura, pureza y pH del medio. En tomate "Thomas" cortado en cascos y lavado 3 min con 3,8 ppm  $\text{O}_3$  se redujo 1,9; 1,6 y 0,7  $\log \text{UFC g}^{-1}$  tras 10 días a 5°C los recuentos de mesófilos, psicrotrofos y levaduras, respectivamente, frente al testigo (Aguayo et al., 2005). Al someter el tomate MPF 30 min cada 3 h a 4 ppm  $\text{O}_3$  gas se redujo en 1,2  $\log \text{UFC g}^{-1}$  los

conteos de bacterias pero solo 0,5  $\log \text{UFC g}^{-1}$  los de hongos y levaduras (Aguayo et al., 2006). Las duchas de agua con 0,4 ppm  $\text{O}_3$  aumentaron la eficacia microbicia frente al lavado por inmersión en escarola MPF (Aguayo et al., 2009).

La emisión de luz UV tiene longitudes de onda de 190 a 280 nm, aunque un 95% de la energía UV emitida por las lámparas germicidas con presión de Hg, las más empleadas, lo hace en una longitud de onda de 254 nm, con máxima eficacia germicida. Es una radiación no ionizante, sin residuos, que no altera la estructura de las células vegetales pero daña el ADN microbiano induciendo la formación de dímeros de pirimidina que distorsionan la doble hélice de ADN y bloquean la replicación celular, al tiempo que se producen entrecruzamientos entre los dobles enlaces de los aminoácidos aromáticos. Ello impide al ADN abrirse para la replicación y el microorganismo no puede reproducirse. Es una técnica simple y barata, en instalación y mantenimiento. La eficacia de la luz UV-C no depende de la temperatura entre 5 y 37°C, pero sí de la incidencia de la radiación sobre el producto según su forma y superficie (Bintsis et al., 2000; Lado y Yousef, 2002; Ben-Yehoshua y Mercier, 2005). Pero diversas bacterias y levaduras poseen un potente mecanismo enzimático de reparación, denominado fotorreactivación (Lado y Yousef, 2002). Además, una excesiva radiación UV-C puede alterar la permeabilidad de la pared celular aumentando la salida de electrolitos, aminoácidos y carbohidratos, lo que puede facilitar el crecimiento microbiano (Allende et al., 2006; Artés-Hernández et al., 2009). Por tanto, se deben encontrar dosis seguras que inactiven el crecimiento microbiano sin dañar al producto MPF (Ben-Yehoshua y Mercier, 2005).

Entre las aplicaciones de luz UV-C a hortalizas, 4,9 y 9,9  $\text{kJ m}^{-2}$  UV-C redujeron los

conteos de bacterias aerobias y el deterioro de calabacín procesado en rodajas y almacenado a 5 ó 10°C (Erkan et al., 2001). Unas dosis de 1,2 a 7,1  $\text{kJ m}^{-2}$  UV-C aplicada por ambos lados a lechuga "Hoja de roble" MPF, redujo la microflora natural causante de deterioro tras 10 días a 5°C, aunque la mayor provocó ablandamiento y pardeamiento tras 7 días a 5°C (Allende et al., 2006). Estos resultados concuerdan con los obtenidos al radiar por un solo lado lechugas "Hoja de roble" y "Lollo rosso" tras 10 días a 5°C, (Allende y Artés, 2003ab). La combinación de 0,4 a 8,1  $\text{kJ m}^{-2}$  con 2–10 kPa  $\text{O}_2$  y 5–12 kPa  $\text{CO}_2$  redujo el crecimiento de bacterias psicrotrofas y coliformes y el de levaduras, pero llegó a estimular el de bacterias ácido lácticas (Allende y Artés, 2003b). Dosis de 2,3  $\text{kJ m}^{-2}$  UV-C redujeron los conteos de aerobios mesófilos y enterobacterias en tiras de pimiento orgánico tras 12 días a 5°C (Artés et al., 2006b). También 4,5  $\text{kJ m}^{-2}$  UV-C, como alternativa a 100 ppm NaClO, redujeron la carga microbiana sin afectar la capacidad antioxidante, la apariencia y el sabor-aroma de Red chard MPF (Tomás-Callejas et al., 2008). Sin embargo se han obtenido resultados diferentes, ya que aunque de 4,5 a 11,4  $\text{kJ m}^{-2}$  UV-C redujeron la carga inicial de mesófilos y psicrófilos en espinaca MPF, no tuvieron efecto residual en su crecimiento tras 13 y 6 días a 5 u 8°C (Artés-Hernández et al., 2009a).

Una nueva técnica desinfectante relativamente barata y que no deja residuos es el agua electrolizada (AE), obtenida por la electrolisis de una solución salina sometida a un alto voltaje. Su eficacia bactericida se debe a la oxidación por Cl gas, pero también, al parecer, a su potencial redox y el nivel de  $\text{O}_2$  disuelto. Según su pH y potencial redox puede ser ácida, alcalina o neutra. El AE ácida ha logrado buenos resultados contra el crecimiento microbiano, pero su excesivo potencial oxidante puede dañar el producto e instalaciones. El AE neutra, por su pH neutro,

no es tan agresiva para corroer equipos de proceso o irritar la piel y mucosas y se evita pérdida de Cl. Un AE neutra (pH 6-8, potencial entre 700-900 mV y 20 mg  $\text{L}^{-1}$  de cloro activo) redujo hasta 2,6 log UFC/g el recuento microbiano sin afectar el pH del tejido, color y apariencia de diversas hortalizas MPF (Izumi, 1999). El AE neutra redujo los conteos microbianos en lechuga "Iceberg" MPF (Rico et al., 2008), pero mezclada al 50% con agua de la red, aunque fue eficaz para desinfectar tatsoi y red chard, redujo su contenido nutricional (Aguayo et al., 2008a). Por ello, se sigue estudiando su potencial desinfectante y la proporción idónea de la mezcla con agua para optimizar la calidad global en hortalizas foliáceas. El AE alcalina combinada con 1% de ácido cítrico y aplicada a col MPF en baño a 50°C, redujo 4 log UFC  $\text{g}^{-1}$  los conteos totales y 3,5 log UFC  $\text{g}^{-1}$  los de hongos y levaduras, así como 4 log UFC  $\text{g}^{-1}$  la *L. monocytogenes* y 4,2 log UFC  $\text{g}^{-1}$  la *E. coli* O157:H7 inoculadas (Rahman et al., 2010).

En apio cortado en secciones, una solución de ácido ascórbico (0,5 M) y ácido acético (0,1M) fue tan eficaz para reducir los conteos microbianos como 100 mg  $\text{L}^{-1}$  NaClO (Goméz y Artés, 2004). En melón MPF un tratamiento con ácido cinámico retrasó la aparición de podredumbre visible desde 15 a 78 días a 4°C (Roller et al., 1998). En melón "Cantaloupe" MPF un tratamiento en baño o impregnando una almohadilla con 148,2 mg/L de ácido cinámico, redujo los conteos microbianos tras 10 días a 5°C, frente al testigo lavado con agua (Moreira et al., 2009).

Ciertos tratamientos con vapor o agua caliente, reducen el crecimiento microbiano y prolongan la vida comercial al retrasar la senescencia y las podredumbres. En lechuga MPF el vapor de agua, además de mantener la calidad sensorial y la carga de mesófilos similar a la del producto tratado con NaClO, redujo la actividad respiratoria e inactivó parcialmente

las enzimas responsables del pardeamiento (Martín-Diana et al., 2007). En un tratamiento combinado, un baño con agua a 60°C durante 90 ó 120 s, seguido de un lavado en agua a 5°C (60 s) potenció el efecto antimicrobiano de 68 ppm de ácido peroxiacético en melón "Galia" MPF, sin agravar su ablandamiento (Silveira et al., 2007b).

Las películas comestibles reducen la deshidratación y ablandamiento y protegen al producto del O<sub>2</sub>, retrasando el pardeamiento. Algunas que contienen calcio (CaCl<sub>2</sub>, propionato y lactato cálcico), como unión a las sustancias pécticas en la pared celular y lámina media, aplicadas a melón "Amarillo" MPF, disminuyeron el ablandamiento al inhibir la actividad de las enzimas que degradan la pared celular y limitaron el pardeamiento y el desarrollo microbiano (Aguayo et al., 2008b). Se redujeron 4 log cfu g<sup>-1</sup> los conteos de mesófilos tras 21 días a 5°C mediante un recubrimiento comestible de alginato con 0,3% de aceite esencial de canela en melón "Piel de sapo" MPF (Raybaudi-Massilia et al., 2008).

Algunos extractos naturales de plantas (eugenol, timol, canela o vainilla) aplicados en baños o empapando una almohadilla alojada dentro del envase han sido eficaces antimicrobianos en productos MPF. Por ejemplo, un baño en agua con 1 g/L de vainillina redujo los conteos microbianos en melón "Cantaloupe" MPF, que fueron en mesófilos de 6,8 log ucf g<sup>-1</sup> en el testigo y de 5,3 en el tratado con el extracto (Moreira et al., 2009).

#### **4.- INNOVACIONES EN EL ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA**

Para preservar la calidad microbiológica de las hortalizas MPF se recomienda mantenerlas entre 0 y 5°C envasadas en atmósfera modificada (EAM) de 1 a 8 kPa O<sub>2</sub> y 10 a 20

kPa CO<sub>2</sub> (Gorny 1997; Artés, 2000; Artés et al., 2006a). Una técnica innovadora de EAM, que necesita más investigación, recurre a concentraciones de O<sub>2</sub> super-atmosféricas, entre 40 y 100 kPa, que pueden reducir el crecimiento microbiano, inhibir el pardeamiento enzimático y evitar la fermentación y la pérdida de aromas (Day, 2001). La exposición de ciertos productos a elevado O<sub>2</sub> estimula la respiración y la producción de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, mientras que en otros los reduce. Estos resultados dependen del vegetal de que se trate, su estado de madurez, el nivel de O<sub>2</sub>, la temperatura y duración del almacenamiento y los niveles de CO<sub>2</sub> y C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> en la atmósfera (Kader y Ben-Yehoshua, 2000). Su efecto sobre los microorganismos también han sido variables. Así, el alto O<sub>2</sub> inhibió muy levemente el crecimiento microbiano, mientras que una alta concentración de CO<sub>2</sub> lo redujo algo más. Sin embargo, la combinación de alto O<sub>2</sub> y entre 10 y 20 kPa de CO<sub>2</sub> produjo la mayor inhibición (Allende et al., 2004; Geysen et al., 2006; Conesa et al., 2007ab; Escalona et al., 2007). Sin embargo, en levaduras, el crecimiento puede verse estimulado o inhibido dependiendo de la especie y cepa (Van der Steen et al., 2003).

La mayoría de factores que explican el efecto tóxico de las atmósferas con alto O<sub>2</sub> son su influencia negativa sobre el potencial de óxido-reducción celular, oxidar algunas enzimas azufradas y por acumular radicales libres (Kader y Ben-Yehoshua, 2000). Por otra parte, el alto CO<sub>2</sub> disminuye el pH extra e intracelular, interfiriendo con el metabolismo de las células (Dixon y Kell, 1989) y su efecto inhibitorio es más fuerte a menor temperatura, al aumentar su solubilidad (Artés-Hernández et al., 2009b).

El Ar, He, Xe y el N<sub>2</sub>O, se consideran químicamente inertes, pero pueden tener cierto efecto antimicrobiano y/o sobre la fisiología del vegetal (Gorny y Agar, 1998). Un

EAM enriquecido en Ar redujo el crecimiento microbiano y la pérdida de calidad tanto en brócoli como en lechuga (Day, 1996; Jamie y Saltveit, 2002). Una combinación de Ar y Xe prolongó la vida útil de espárragos, conservando su vitamina C y clorofila (Zhang et al., 2008). Una atmósfera enriquecida en N<sub>2</sub>O redujo el desarrollo de enfermedades y la tasa respiratoria en bulbos de cebolla, incrementando el contenido de ácidos orgánicos (Benkebla y Varoquaux, 2003). Una AC de 98 kPa He + 2 kPa O<sub>2</sub> o de 83 kPa He + 15 kPa CO<sub>2</sub> + 2 kPa O<sub>2</sub> redujo el crecimiento microbiano y preservó la calidad nutricional de brotes de mizuna MPF durante 8 días a 5º C (Robles et al., 2009).

La aplicación de salas limpias o blancas (SB) como recinto técnicamente limpio, es un procesado higiénico que controla la contaminación del aire en áreas de trabajo, especialmente en el ambiente del envasado. Se han efectuado muy pocos estudios con SB para productos MPF y, al hacerlo, se mostró como un eficaz coadyuvante de la radiación UV-C, el O<sub>3</sub> y el NaClO para reducir los conteos microbianos en melón "Galia" MPF, aunque no manifestó beneficios por sí sola (Silveira et al., 2006 y 2010).

Como reflexión final conviene exponer la necesidad de proseguir los estudios sobre estas alternativas y otras posibles, en prevención de la conocida capacidad de los microorganismos para adaptarse a sobrevivir bajo los efectos de métodos de control que previamente resultaban eficaces.

## **REFERENCIAS**

- Aguayo, E., Escalona, V.H., Artés, F. 2001a. Procesado en fresco y conservación en atmósfera modificada de 16 variedades de tomate. *Alimentación, Equipos y Tecnología* 160: 127-132.
- Aguayo, E., Escalona, V.H., Artés, F. 2005. El ozono y su utilización en la industria agroalimentaria. *Alimentaria* 366: 34-47.
- Aguayo, E., Escalona, V.H., Artés, F. 2006. Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes. *Postharvest Biol. Technol.* 39: 166-177.
- Aguayo, E., Escalona, V.H., Artés, F. 2008b. Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut 'Amarillo' melon. *Postharvest Biol. Technol.* 47: 397-406.
- Aguayo, E., Giménez, J., Artés, F. 2001b. Caracterización agronómica y atributos de calidad de 16 variedades de tomate para procesado en fresco. *Alimentación, Equipos y Tecnología*. 159: 83-88.
- Aguayo, E., Allende, A., Ameur, M., Artés, F. 2009. Microbiological quality of shredded endive as affected by pre-washing and chlorinated or ozonated water. *6<sup>th</sup> International Postharvest Symposium*. Antalya, Turquía. CD rom.
- Aguayo, E., Boluda, M., Le Lann, E., Artés, F. 2008a. Influencia del agua electrolizada en el contenido fenólico y actividad antioxidante de hortalizas foliáceas. En: *Avances en maduración y post-recolección de frutas y hortalizas. I*: 686-691.
- Aguayo, E., Escalona, V.H., Artés-Hernández, F., Artés, F. 2007. Técnicas emergentes y sostenibles para la desinfección de frutas y hortalizas mínimamente procesadas. *Phytoma* 189: 138-142
- Ahvenainen, R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends Food Sci. Technol.* 7: 179-187.
- Allende, A., Artés, F. 2003a. UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed "Lollo rosso" lettuce. *Food Res Inter.* 36: 7, 739-746.
- Allende, A., Artés, F. 2003b. Combined ultraviolet-C and modified atmosphere

- packaging treatments for reducing microbial growth of fresh processed lettuce. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technol.* 36: 779-786.
- Allende, A., Luo, Y., McEvoy, J., Artés, F., Wang, C. 2004. Microbial and quality changes in minimally processed baby spinach leaves stored under super atmospheric oxygen and modified atmosphere conditions. *Postharvest Biol. Technol.* 33: 51-59.
- Allende, A., McEvoy, J., Luo, Y., Artés, F., Wang, C. 2006. Effectiveness of two-sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed 'Red Oak Leaf' lettuce. *Food Microbiol.* 23: 241-249.
- Allende, A., Selma, M.V., López-Gálvez, F., Villaescusa, R., Gil, M.I. 2008. Impact of wash water quality on sensory and microbial quality, including *Escherichia coli* cross-contamination, of fresh-cut escarole. *J. Food Protection* 71, 2514-2518.
- Artés, F. 2000. Productos vegetales procesados en fresco. En: Aplicación del frío a los alimentos. Editor: M. Lamúa. Edit: A. Madrid Ediciones. Cap.5. 127-141.
- Artés, F., Allende, A. 2005. Processing lines and alternative preservation techniques to prolong the shelf life of minimally fresh processed leafy vegetables. *Eur. J. Hort. Sci.* 70 (5) 231-245.
- Artés, F., Gómez, P., Artés-Hernández, F. 2006a. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Stewart Postharvest Review.* 5:2, 1-13.
- Artés, F., Gómez P.A., Artés-Hernández, F. 2007. Physical, physiological and microbial deterioration of minimally fresh processed fruits and vegetable. *Food Sci. Technol. Inter.* 13 (3):177-188.
- Artés, F., Artés-Hernández, F., Gómez, P.A., Aguayo, E. 2009b. Innovaciones en la higienización de industrias de procesado mínimo hortofrutícola. IV Simposium Internacional de Tecnologías Alimentarias. Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y la Alimentación. Murcia. 61-62.
- Artés, F., Conesa, A., López-Rubira, V., Artés-Hernández, F. 2006b. UV-C treatments for improving microbial quality in whole and minimally processed bell peppers. En: The use of UV as a postharvest treatment: Status and prospects. Edit. Antalya Kros Ofset - Yakup Kublay. 12-17.
- Artés, F., Gómez, P.A., Aguayo, E., Escalona, V.H., Artés-Hernández, F. 2009a. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. *Postharvest Biol. Technol.* 51: 287-296.
- Artés-Hernández, F., Artés, F. 2005. Concepción y ejecución de instalaciones industriales para el procesado mínimo en fresco de productos vegetales. En: Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. Edits: G. González-Aguilar, A.A. Gardea y F. Cuamea-Navarro. Edit: CIAD-CYTED-CONACYT. Cap. 25. 456-472.
- Artés-Hernández, F., Escalona, V.H., Robles, P.A., Martínez-Hernández, G.B., Artés, F. 2009a. Effect of UV-C radiation on quality of minimally processed spinach leaves. *J. Sci Food Agric.* 89: 414-421.
- Artés-Hernández, F., Aguayo, E., Gómez, P., Artés, F. 2009b. Innovaciones tecnológicas para preservar la calidad de los productos vegetales mínimamente procesados o de la "Cuarta gama". *Horticultura Internacional*, 69: 52-57.
- Benkeblia, N., Varoquaux, P. 2003. Effect of nitrous oxide ( $N_2O$ ) on respiration rate, soluble sugars and quality attributes of onion bulbs *Allium cepa* cv. Rouge Amposta during storage. *Postharvest Biol. Technol.* 30: 161-168.
- Ben-Yehoshua, S., Mercier, J. 2005. UV irradiation, biological agents, and natural compounds for controlling postharvest

- decay in fresh fruits and vegetables. En: Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality. Editorial CRC Taylor & Francis. Boca Raton. Florida. 265-299.
- Betts, G., Everis, L. 2005. Alternatives to hypochlorite washing systems for the decontamination of fresh fruit and vegetables. En: Improving the safety of fresh fruit and vegetables. W. Jongen (Editor). Wageningen, The Netherlands.
- Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E., Robinson, R. 2000. Existing and potential applications of UV light in the food industry. *J. Sci. Food Agric.* 80:637- 645.
- Carlin, F., Nguyen-the, C. 1999. Minimally processed produce. Microbiological issues. Proceedings International Conference on Fresh-Cut Produce, Chipping Camden, UK: Campden and Chorleywood Food Research Association. 9-10.
- Conesa, A., Artés-Hernández, F., Geysen, S., Nicolaï, B., Artés, F. 2007a. High oxygen combined with high carbon dioxide improves microbial and sensory quality of fresh-cut peppers. *Postharvest Biol. Technol.* 43: 230-237.
- Conesa, A., Artés-Hernández, F., Silveira, A.C., Artés, F. 2007c. Acidified sodium chlorite as emerging disinfectant for fresh-cut bell peppers. En: Novel approaches for the control of postharvest diseases and disorders. COST action 924. Bologna, Italia.
- Conesa, A., Verlinden, B.E., Artés-Hernández, F., Nicolai, B., Artés, F. 2007b. Respiration rates of fresh-cut bell peppers under supertamospheric and low oxygen combined or not with high carbon dioxide. *Postharvest Biol. Technol.* 45: 81-88
- Day, B. 1996. High oxygen modified atmosphere packaging for fresh prepared produce. *Postharvest News Inf.* 7: 31N-34N.
- Day, B. 2001. Fresh prepared produce: GMP for high oxygen MAP and non-sulphite dipping. Guideline N° 31. Chipping Campden: Campden and chorleywood food research association group. 1-76.
- Dixon, N., Kell, D. 1989. The inhibition by  $\text{CO}_2$  of the growth and metabolism of micro-organisms: a review. *J. Appl. Bacteriol.* 67: 109-136.
- Erkan, M., Wang, C., Krizek, D. 2001. UV-C radiation reduces microbial populations and deterioration in *Cucurbita pepo* fruit tissue. *Environ. Exp. Bot.* 45: 1-9.
- Escalona, V., Geysen, S., Verlinden, B., Nicolaï, B. 2007. Microbial quality and browning of fresh-cut butter lettuce under superatmospheric oxygen condition. *Eur. J. Hort. Sci.* 72: 130-137.
- Fernández, J.A., González, A., Navarro, A., López, J., Signore, A., Artés, F. 2006. Producción de nuevas hortalizas de hojas en cultivo de bandejas flotantes. *Agrícola Vergel.* 290:89-96.
- Geysen, S., Escalona, V., Verlinden, B., Aertsen, A., Geeraerd, A., Michiels, C., Van Impe, J., Nicolaï, B. 2006. Validation of predictive growth models describing superatmospheric oxygen effects on *Pseudomonas fluorescens* and *Listeria innocua* on fresh-cut lettuce. *Int. J. Food Microbiol.* 111: 48-58.
- Gómez, P., Artés, F. 2004. Ascorbic and citric acids to preserve quality of minimally processed green celery. IV Simposio Ibérico de Maduración y Postcosecha. Oeiras, Portugal. Proceedings: 369-373.
- Gorny, J., Agar I. 1998. Are argon-enriched atmospheres beneficial? *Perishables Handling NewsL.* 94: 7-8.
- Gorny, J. 1997. A summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables. En: Gorny, J. (ed.): Fresh-cut and vegetables and MAP. 7<sup>th</sup> Int Controlled Atmosphere Research

- Conference. Davis, California. Proceedings 30-33, 42.
- Hruedy, S. 2009. Chlorination disinfection by-products, public health risk tradeoffs and me. *Water Research.* doi: 10.1016/j.watres.2009.02.011
- Izumi H. 1999. Electrolyzed water as a disinfectant for fresh-cut vegetables. *J. Food Sci.* 64: 536–539.
- Jamie, P., Saltveit, M. 2002. Postharvest changes in broccoli and lettuce during storage in argon, helium, and nitrogen atmospheres containing 2% oxygen. *Postharvest Biol. Technol.* 26: 113–116.
- Kader, A.A., Ben-Yehoshua, S. 2000. Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 20: 1-13.
- Lado, B., Yousef, A. 2002. Alternative food-preservation technologies: Efficacy and mechanisms. *Microbes and Infection.* 4: 433–440.
- Martín-Diana, A., Rico, D., Barry-Ryan, C., Frías, J., Henehan, G., Barat, J. 2007. Efficacy of steamer jet-injection as alternative to chlorine in fresh-cut lettuce. *Postharvest Biol. Technol.* 45: 97–107.
- Moreira, G., Silveira, A.C., Aguayo, E., Lopes-Vieites, R., Artés, F. 2009. Effect of natural antimicrobials on microbiological and sensorial quality of fresh-cut Cantaloupe melon. *Proceedings 6th International Postharvest Symposium, Antalya, Turkey,* p. 30.
- Nieuwenhuijsen, M.J., Toledano, M.B., Elliot, P. 2000. Uptake of chlorination disinfection by-products: a review and a discussion of its implications for exposure assessment in epidemiological studies. *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.* 10: 586–599.
- Rahman, S.M.E., Yong-Guo, J., Deog-Hwan, O. 2010. Combined effects of alkaline electrolyzed water and citric acid with mild heat to control microorganisms on cabbage. *J. Food Sci.* (75), 2, M111-115.
- Raybaudi-Massilia, R.M., Mosqueda-Melgar, J., Martín-Belosso, O. 2008. Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. *Intl. J. Food Microbiol.* 121: 313-327.
- Rico, D., Martín-Diana, A.B., Barry-Ryan, C., Frías, J., Henehan, G., Barat, J. 2008. Use of neutral electrolyzed water (EW) for quality maintenance and shelf-life extension of minimally processed lettuce. *Inn. Food Sci. Emerging Technol.* 9: 37–48.
- Robles, P., de Campos, A., Artés-Hernández, F., Gómez, P., Calderón, A., Ferrer, M., Artés, F. 2007. Combined effect of UV-C radiation and controlled atmosphere storage to preserve tomato quality. *V Congreso Ibérico de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Cartagena, España.* 159-165.
- Robles, P.A., Tomás-Callejas, A., Artés, F., Artés-Hernández, F. 2009. High helium controlled atmosphere storage decreases microbial growth and preserves quality on fresh-cut mizuna baby leaves. *6<sup>th</sup> International Postharvest Symposium. Antalya Turquía.* CD rom.
- Rodríguez-Hidalgo, S., Silveira, A.C., Artés-Hernández, F., Artés F. 2006. Evolución de la calidad de cuatro variedades de espinaca “baby” cultivadas en bandejas flotantes y mínimamente procesadas en fresco. *VIII Simposio Nacional y V Ibérico Maduración y Post-recolección. Orihuela, Alicante.* CD rom.
- Rodríguez-Hidalgo, S., Artés-Hernández, F., Aguayo E., Artés, F. 2007. Retención de clorofilas en hojas de colleja (*Silene vulgaris*) cultivada en bandejas flotantes y mínimamente procesada en fresco. *V Congreso Ibérico y II Congresso Iberoamericano de Ciências e Técnicas do Frio. Oporto. Portugal.* CD rom.

- Rodríguez-Hidalgo, S., Artés-Hernández, F., Gómez, P., Fernández J.A., Artés, F. 2009. Quality changes on minimally processed purslane baby leaves growth under floating trays system. 6<sup>th</sup> Inter. Postharvest Symp. Antalya. Turquía. CD rom.
- Rodríguez-Hidalgo, S., Artés-Hernández, F., Gómez, P., Fernández, J.A., Artés, F. 2010. Quality of fresh-cut baby spinach grown under floating trays system as affected by N fertilization and innovative packaging treatments. *J. Sci. Food Agric.* En prensa. DOI 10.1002/jsfa.3926.
- Roller, S., Lock, J., Board, R. 1998. Natural antimicrobial compounds for controlling spoilage in fruit products. En: Non-Conventional Methods for the Control of Postharvest Disease and Microbiological Spoilage. Edits: Bertolini, P., Sijmons, P.C., Guerzoni, M.E. and Serra, F. Edit. European Commission. 15-20.
- Silveira, A.C., Aguayo, E., Artés, F. 2010. Emerging sanitizers and clean room packaging for improving the microbial quality of fresh-cut 'Galia' melon. *Food Control.* En prensa, 09-00150R1.
- Silveira, A.C., Aguayo, E., Artés-Hernández, F., Artés, F. 2006. Radiación UV-C y envasado en sala blanca, alternativas a la desinfección con cloro en melón "Galia" mínimamente procesado en fresco. VIII Simposio Nacional y V Ibérico Maduración y Post-recolección. Orihuela, Alicante. 181-185.
- Silveira, A.C., Aguayo, E., Leglise, A., Artés, F. 2007a. Aptitud de tres cultivares de melón "Galia" (*Cucumis melo* L.) para el procesado en fresco. En: V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Cartagena. España. 160-167.
- Silveira, A.C., Aguayo, E., Leglise, A., Artés, F. 2007b. Los tratamientos térmicos combinados con ácido peroxiacético favorecen la calidad del melón Galia mínimamente procesado. IV Congresso Ibérico y II Congresso Iberoamericano de Ciências e Técnicas do Frio. Oporto, Portugal. CD rom.
- Silveira, A.C., Conesa, A., Aguayo, E. y Artés, F. 2008. Alternative sanitizers as substitution of chlorine use on fresh-cut 'Galia' (*Cucumis melo* var. *catalupensis*) melon. *J Food Sci.* 73: 405-411.
- Tomás-Callejas, A., Bariain, N., López, J.J., Robles, P.A., Artés, F., Artés-Hernández, F. 2008. Radiación UV-C en brotes de hortalizas foliáceas: una alternativa a la desinfección con cloro en el procesado mínimo en fresco. *Alimentación, Equipos y Tecnología.* 231: 46-49.
- Van Der Steen, C., Devlieghere, F., Debevere, J. 2003. High oxygen concentration in combination with elevated carbon dioxide to affect growth of fresh-cut produce microorganisms. *Acta Hortic.* 599: 141-147.
- Zhang, M., Zhan, Z.G., Wang, S.J., Tang, J. 2008. Extending the shelf-life of asparagus spears with a compressed mix of argon and xenon gases. *LWT – Food Sci. Technol.* 41: 686-691.