

Agentes químicos emergentes para el control microbiológico de brotes de Tatsoi

Aguayo Encarna¹, Díaz-García Rodrigo¹, Silveira Ana Cecilia², Tarazona-Díaz Martha Patricia¹, Escalona Víctor Hugo³

¹Grupo de Posrecolección y Refrigeración e Instituto de Biotecnología Vegetal. Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 44, E-30203, Cartagena, Murcia, España. Correo electrónico: encarna.aguayo@upct.es

²Área Disciplinaria Poscosecha, Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Garzón 780, CP 12.900. Montevideo, Uruguay.

³Centro de Estudios de Postcosecha, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Avenida Santa Rosa 11315, casilla 1004, La Pintana, Santiago, Chile.

Recibido: 28/12/10 Aceptado: 5/9/11

Resumen

La industria de procesado mínimo en fresco manifiesta un creciente interés por las ensaladas tipo «baby» en base a brotes hortícolas como el Tatsoi. Estas hortalizas deben desinfectarse utilizando métodos químicos y/o físicos que permitan mantener bajos los niveles de microorganismos durante su vida útil. Actualmente, se estudian nuevos desinfectantes químicos, sustitutivos de los derivados del cloro, más respetuosos con el ambiente y la salud humana. En este trabajo se estudió la efectividad microbiológica del ácido ascórbico (AA) a 30 y 60 mg L⁻¹ y dióxido de cloro (ClO₂) a 7 y 10,5 mg L⁻¹, utilizando como testigos hipoclorito de sodio (NaClO) a 150 mg L⁻¹ y agua. El material vegetal se lavó mediante inmersión durante dos minutos en los desinfectantes, se enjuagó un minuto con agua a 5 °C, se centrifugó y 30 g de brotes fueron envasados en tarrinas que se almacenaron a 5 °C durante ocho días. Los recuentos más bajos de mesófilos (6,2 log ufc g⁻¹), psicrótrofos (4,8 log ufc g⁻¹) y enterobacterias (3,5 log ufc g⁻¹) se lograron utilizando AA a 60 mg L⁻¹. Las levaduras presentaron un crecimiento inferior a 3,4 log ufc g⁻¹ al utilizar NaClO o ClO₂ a 10,5 mg L⁻¹. Por tanto, AA y ClO₂, a las concentraciones de 60 mg L⁻¹ y 10,5 mg L⁻¹ respectivamente, se comportaron como buenos sustitutos del NaOCl, capaces de controlar el crecimiento microbiano y mantener la vida útil de brotes de Tatsoi a 5 °C durante ocho días sin afectar la calidad sensorial del producto.

Palabras clave: dióxido de cloro, ácido ascórbico, procesado en fresco, *Brassica rapa*

Summary

Emerging Chemical Agents for Microbiological Control of Tatsoi Sprouts

The fresh-cut industry shows a growing interest in fresh «baby» salads based on vegetable sprouts as Tatsoi. These vegetables should be disinfected using chemical and/or physical methods to maintain low microorganisms levels during their life. Nowadays, new chemical disinfectants substitutes to chlorine derivatives, more respectful of the environment and human health, are in study. In this work, the microbiological effectiveness of ascorbic acid (AA) at 30 and 60 mg L⁻¹, chlorine dioxide (ClO₂) at 7 and 10.5 mg L⁻¹ were studied. As control sodium hypochlorite (NaClO) at 150 mg L⁻¹ and water were used.

The plant material was washed by immersion for two minutes in the disinfectant, rinsed with water one minute at 5 °C, centrifuged, and 30 g of sprouts were packed in trays that were stored at 5 °C for eight days.

The lower counts of mesophilic (6.2 log cfu g⁻¹), psychotrophics (4.8 log cfu g⁻¹) and *Enterobacteriaceae* (3.5 log cfu g⁻¹) were achieved using AA to 60 mg L⁻¹. Yeasts had a lower growth than 3.4 log cfu g⁻¹, using NaClO or ClO₂ at 10.5 mg L⁻¹. Therefore,

AA and ClO_2 , at concentrations of 60 and 10.5 mg L⁻¹, behaved as good substitutes for NaOCl, capable of controlling microbial growth and maintain the life of Tatsoi sprouts at 5 °C for eight days without affecting sensory quality of the product.

Key words: chlorine dioxide, ascorbic acid, minimally processed, *Brassica rapa*

Introducción

Los cambios en los hábitos alimentarios están aumentando la demanda de los productos vegetales mínimamente procesados en fresco (MPF), en particular las ensaladas tipo «baby», elaboradas a partir de brotes hortícolas como el Tatsoi (*Brassica narinosa* o *Brassica rapa* var. *rosularis*). Estas hortalizas poseen un aprovechamiento casi del 100% y se caracterizan por ser naturales, frescas y saludables.

La elaboración de un producto MPF incluye la realización de una serie de operaciones unitarias como corte, troceado, lavado, desinfección, escurrido y envasado entre otras, que reducen la vida útil de los productos al favorecer procesos como respiración, producción de etileno C₂H₄, ablandamiento y el deterioro causado por el crecimiento de microorganismos (Watada, 1997; Zagory, 1999). En consecuencia, los productos MPF son mucho más perecederos que los productos enteros de los que derivan por el hecho de que han sido sometidos a diferentes tipos de estrés físico, consecuencia de las operaciones mencionadas. Por lo tanto, estos productos, durante su vida útil, deben ser conservados a temperaturas bajas. En general, la temperatura recomendada es 0 °C, aunque por costes económicos es muy difícil mantenerlos a esta temperatura y termina sucediendo que muchos de ellos son elaborados, conservados y comercializados a temperaturas de entre 5 y 10 °C (Schlimme, 1995).

En el proceso de elaboración de productos MPF las operaciones de lavado y desinfección normalmente se realizan de manera simultánea, siendo la única etapa donde se reducen los niveles iniciales de microorganismos presentes sobre las materias primas hortícolas con el propósito de evitar que alcancen niveles inaceptables, del punto de vista de la seguridad de los consumidores. Además, el lavado tiene como objetivo disminuir la temperatura del producto, para lo que se utiliza agua a baja temperatura, entre 4-5 °C, para reducir durante el subsiguiente almacenamiento, además del crecimiento microbiano, la ocurrencia de desórdenes fisiológicos y alteraciones como la oxidación enzimática (Ahvenainen, 1996; Simons y Sanguansri, 1997).

La calidad microbiológica de los productos MPF se evalúa en España considerando los límites legales exigidos a la industria de procesado en fresco (R.D. 3484/2000, 2001), que establece un máximo de 7 log ufc g⁻¹ para bacterias aerobias, 5 log ufc g⁻¹ para levaduras y 3 log ufc g⁻¹ para mohos. Es frecuente evaluar también los niveles de enterobacterias, como indicativos del nivel de contaminación por una inadecuada manipulación, ya que la norma mencionada establece un nivel máximo de 5 log ufc g⁻¹ para comidas preparadas sin tratamiento térmico, aunque los productos MPF no estén específicamente contemplados en este punto.

La contaminación debe reducirse al mínimo al inicio del proceso, antes del almacenamiento, y esto se logra con el uso de diferentes agentes desinfectantes (Gómez-López *et al.*, 2007). Los desinfectantes más empleados son los derivados del cloro como el hipoclorito de sodio (NaClO), por ser baratos y, generalmente, eficaces. Cuando se disuelve hipoclorito en agua, el ión OCl⁻ formado en la disolución de la sal forma ácido hipocloroso (HOCl) que a su vez está en equilibrio con su forma disociada (H⁺ y OCl⁻). El HOCl es la forma antimicrobiana más efectiva, por lo que se busca mantener el equilibrio desplazado hacia la formación de HOCl. El equilibrio entre estas sustancias químicas dependerá del pH. Al descender el pH, el equilibrio se desplaza a la forma no disociada, o sea el HOCl es la forma predominante por lo que la acción antimicrobiana es mayor. Los porcentajes de HOCl a pH 6 y 8 son de 97 y 23%, respectivamente (Garmendia y Vero, 2006). Por lo tanto el pH se ajusta con ácidos ascórbico y/o cítrico hasta 6,5 para lograr su máxima eficacia, controlándose el nivel de cloro (Ahvenainen, 1996). Pero el empleo del cloro entraña riesgos, ya que, al reaccionar con la materia orgánica, aunque sea en muy bajas concentraciones, puede formar subproductos nocivos para la salud que pueden ser potencialmente cancerígenos y con probada toxicidad para el hígado, la vejiga y el riñón, como ácidos haloacéticos, clorometanos como el cloroformo y cloraminas (Nieuwenhuijsen *et al.*, 2000) 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; Artés *et al.*, 2009).

Surge así el interés por otras técnicas sostenibles y emergentes de desinfección que puedan reemplazar al cloro, proporcionando otros beneficios como sucede con los nuevos agentes químicos, antimicrobianos naturales, bacteriocinas, ozono, radiaciones ionizantes o no, agua electrolizada, tratamientos térmicos y sales blancas entre otros (Aguayo *et al.*, 1997). Con respecto a los agentes químicos se están ensayando el ácido peroxiacético, el clorito sódico acidificado, el dodecil benzen sulfonato sódico, el dióxido de cloro (ClO_2) y ácidos orgánicos como láctico, acético, cítrico, ascórbico entre otros (Silveira *et al.*, 2008).

Se ha comprobado que el ClO_2 es uno de los biocidas oxidantes más selectivos que existen. Está autorizado para el lavado de vegetales por la Agencia norteamericana para la administración de drogas y alimentos «Food and Drugs Administration» (FDA) desde el año 1998. Puede utilizarse tanto en forma gaseosa como acuosa y reacciona sólo con compuestos de sulfuro reducidos y aminas secundarias y terciarias, destruyendo los microorganismos por la interrupción del transporte de nutrientes a través de la membrana celular. En concreto, se ha comprobado la eficacia del ClO_2 a 5 mg L^{-1} reduciendo la cantidad de *Escherichia coli* O157:H7 y *Listeria monocytogenes* inoculadas en manzanas, lechuga, fresa y melón cantaloupe MPF (Rodgers *et al.*, 2004). Según Zhang y Farber (1996) el uso de una solución acuosa de este producto (5 mg L^{-1} por 10 min) a 4°C y 22°C determinó una reducción de 1,1 y 0,8 unidades logarítmicas de *L. monocytogenes* en lechuga MPF. Según Gómez-López *et al.* (2007), el ClO_2 gaseoso permitió prolongar la vida útil de zanahorias ralladas aunque su utilización presentó algunos inconvenientes en el producto tratado. En este sentido existen trabajos que hacen referencia al efecto negativo del mismo sobre la calidad sensorial de los productos como decoloración de la piel de las patatas (Tsai *et al.*, 2001) y de las hojas de lechuga (Singh *et al.*, 2002), blanqueamiento en zanahorias u oscurecimiento tras el procesado de lechuga y repollo (Sy *et al.*, 2005).

Los ácidos orgánicos, principalmente el cítrico, málico y acético son sustancias aceptadas para su utilización en alimentos. Se conocen como sustancias seguras «Generally recognized as safe» (GRAS). Entre sus características, se encuentran la capacidad de inhibir el crecimiento de bacterias patógenas debido al efecto del bajo pH en su medio de crecimiento (Bell *et al.*, 1997). Los ácidos orgánicos han sido descritos como poderosos agentes antimicrobianos contra mesófilos y psicrótrofos de productos

enteros y MPF (Uyttendaele *et al.*, 2004; Bari *et al.*, 2005). El ácido ascórbico (AA) es otro de los utilizados para reducir las poblaciones microbianas de ensaladas (Priepke *et al.*, 1976). Además, este agente tiene un elevado poder antioxidante, evita el pardeamiento en productos MPF como rodajas de manzana y extiende su vida útil (Aguayo *et al.*, 2010). No obstante, su elevado precio lo convierte en un higienizante poco utilizado. En los casos en que se utilice, también es importante considerar que se debería conocer la concentración adecuada en función del producto a desinfectar.

Por todo lo expuesto, el objetivo de este trabajo consistió en estudiar el efecto desinfectante del ClO_2 y AA, para conocer su efectividad frente a derivados del cloro, en este caso el NaOCl y su posible sustitución, concretando la dosis ideal de aplicación para el lavado de brotes de Tatsoi.

Materiales y métodos

Los brotes de Tatsoi (*Brassica narinosa* o *Brassica rapa* var. *rosularis*) fueron adquiridos en una empresa del campo de Cartagena (Gs España). Su recolección se realizó el mismo día de adquisición y el producto fue trasladado hasta el laboratorio del Grupo de Postrecolección y Refrigeración de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), situada a unos 30 km. Se procedió a una selección del material vegetal en función de su calidad visual, desechando las hojas que presentaban daños por insectos, enfermedades o coloraciones inadecuadas. En una cámara desinfectada y a 10°C se procedió al lavado y desinfección del producto mediante inmersión durante dos minutos en las soluciones desinfectantes que se detallan a continuación, utilizándose agua e hipoclorito de sodio (NaClO) como testigos. En el tratamiento de cloro, una disolución de 150 mg L^{-1} de NaClO fue acidificada con AA hasta alcanzar un pH de 6,7. Se prepararon dos concentraciones de ClO_2 , 7 y $10,5 \text{ mg L}^{-1}$, cuyos pH eran de 7,9 y 7,5 respectivamente. Para el AA, se prepararon concentraciones de 30 mg L^{-1} (pH = 2,59) y 60 mg L^{-1} (pH = 2,4). En todos los casos, la temperatura del agua fue de 5°C y los higienizantes se obtuvieron en la empresa Panreac (España). Tras el lavado por inmersión, todos los tratamientos, incluso el testigo en agua, fueron enjuagados durante un minuto en agua a 5°C . Posteriormente, los brotes de Tatsoi se centrifugaron manualmente durante 20 s. A continuación, se pesaron (Mettler, Madrid, España) 30 g y se envasaron en atmósfera modificada pasiva (AMP), utilizando tarrinas de polipropileno de 1 L de capacidad, que se termosellaron (Befor, Chassieu,

Francia) con un polipropileno orientado de 35 μm de espesor. Tras el envasado, las tarrinas se conservaron ocho días en una cámara a 5 °C y 90-95% HR, evaluándose el producto al inicio, inmediatamente después de envasado (día 0) y final de la conservación (día 8). Se realizaron tres repeticiones por tratamiento.

Análisis microbiológicos

En los días de análisis, se tomaron de 10 g de muestra por repetición, añadiéndose 90 mL de agua de peptona (Scharlau, Barcelona, España) a una bolsa estéril (Modelo 400 Bags 6141, Londres, Reino Unido). Éstas fueron homogeneizadas en un masticador (Colwort Stomacker 400, Steward Laboratory, Londres, Reino Unido) durante un minuto. Las diluciones posteriores se hicieron en agua peptonada en función de la dilución necesaria para su siembra en placa. Se sembraron los grupos microbiológicos correspondientes a psicrótrofos, mesófilos, enterobacterias, levaduras y mohos.

Los medios de cultivo y condiciones de incubación para los diferentes microorganismos utilizados fueron: para psicrótrofos y mesófilos, agar de recuento en placa (PCA, Scharlau, Barcelona, España), incubados a 30 °C durante 48 h y 8 °C durante 7 días, respectivamente; para enterobacterias agar biliado rojo violeta (VRBG) (Merck, Darmstadt, Alemania) en profundidad y doble capa, incubándose a 37 °C durante 24 h; para levaduras y mohos se utilizó agar de patata dextrosa (PDA, Scharlau) con adición de oxitetraciclina (0,1 g L⁻¹, Sigma-Aldrich) incubándose a 22 °C durante 48 h ó 5 días, respectivamente.

Los recuentos totales se expresaron en unidades logarítmicas de unidades formadoras de colonias por gramo de muestra (log ufc g⁻¹). La calidad microbiológica fue evaluada según la legislación española para productos MPF (R.D. 3484/2000, 2001).

Análisis sensorial

Un panel entrenado formado por cinco personas, de 25 a 60 años de edad, conocedoras de las características sensoriales del producto evaluó la apariencia, el amarillamiento, la textura, el sabor y la calidad global (aceptabilidad), utilizando una escala hedónica para cada una de las características mencionadas. Esta escala constó de 9 puntos en donde 1, correspondió a extremadamente malo o, en el caso de textura, muy blanda; 3, me disgusta o textura blanda; 5, ni me gusta ni me disgusta o moderada textura, límite de comercialización; 7, me gusta o buena textura y 9, me gusta de manera insuperable o excelente textura. Las

evaluaciones se hicieron al inicio (día 0) y luego de 8 días de conservación.

Análisis estadísticos

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado analizando los resultados mediante un análisis de la varianza (ANOVA) a un nivel de confianza del 95%. Se realizaron tres repeticiones por tratamiento. Cuando los tratamientos presentaron diferencias significativas, éstas fueron comparadas mediante la prueba de diferencias mínima significativa (DMS) considerándose los factores tiempo de conservación y tratamiento de desinfección. El programa estadístico utilizado para realizar el análisis estadístico fue el Infostat versión 1.0 (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

Resultados y discusión

En las Figuras 1 a 4 se exponen los resultados obtenidos en los recuentos microbiológicos de brotes de *Tatsoi* según el higienizante empleado. En todos los grupos, a excepción de los mohos, y tal como era esperado, el crecimiento microbiológico aumentó con el tiempo de conservación, como ha sido observado en otros trabajos (Silveira *et al.*, 2008; Bari *et al.*, 2005; Aguayo *et al.*, 2010). Tras ocho días a 5 °C, empleando AA a 60 mg L⁻¹, los recuentos de psicrótrofos y mesófilos, fueron inferiores que el resto de tratamientos (Figuras 1 y 2), obteniéndose 6,2 log y 4,8 log ufc g⁻¹, respectivamente, siendo inferiores al valor máximo de 7 unidades logarítmicas establecidos por la legislación española. No se registraron diferencias estadísticas entre tratamientos para enterobacterias, siendo los valores iniciales de entre 2 y 2,8 log ufc g⁻¹ mientras que al final del período de conservación, los valores estuvieron entre 3,57 y 4,47 log ufc g⁻¹ (Figura 3).

El cloro y el ClO₂ a 10,5 mg L⁻¹ lograron obtener los recuentos de levaduras más bajos (3,2 y 3,4 log ufc g⁻¹). El desarrollo de mohos fue < 2 log ufc g⁻¹ en todos los tratamientos. También en este caso los valores fueron inferiores a los valores de 5 y 3 unidades logarítmicas establecidos por la norma.

Como publicaron previamente Uyttendaele *et al.* (2004) y Bari *et al.* (2005), los ácidos orgánicos actúan como buenos agentes antimicrobianos frente a mesófilos y psicrótrofos al bajar el pH intracelular como consecuencia de la ionización de las moléculas del ácido generando un medio desfavorable para el crecimiento de los patógenos. Los ácidos en general no matan a los microorganismos sino que afectan la capacidad de las células para mantener el pH

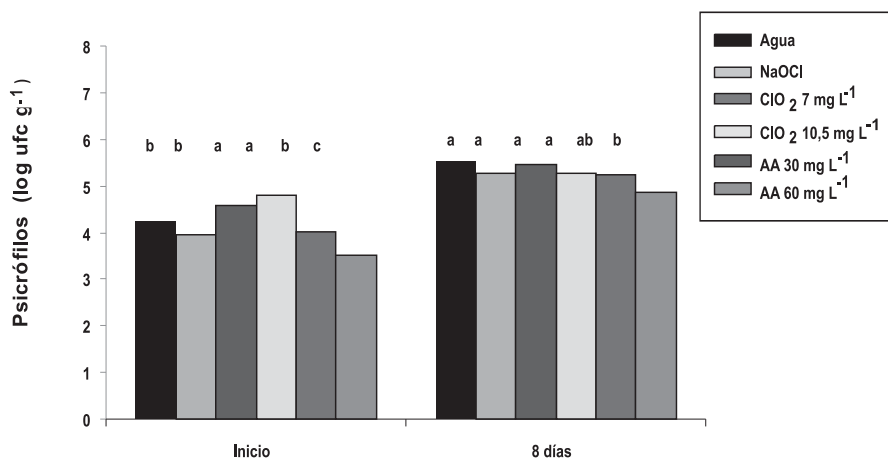


Figura 1. Recuentos de psicrófilos (log ufc g⁻¹) según el desinfectante utilizado en el lavado de brotes de Tatsoi y conservado ocho días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva. Para cada momento de análisis, columnas con igual letra no difieren significativamente ($P \geq 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar de la media. NaClO (hipoclorito de sodio), ClO₂ (dióxido de cloro), AA (ácido ascórbico).

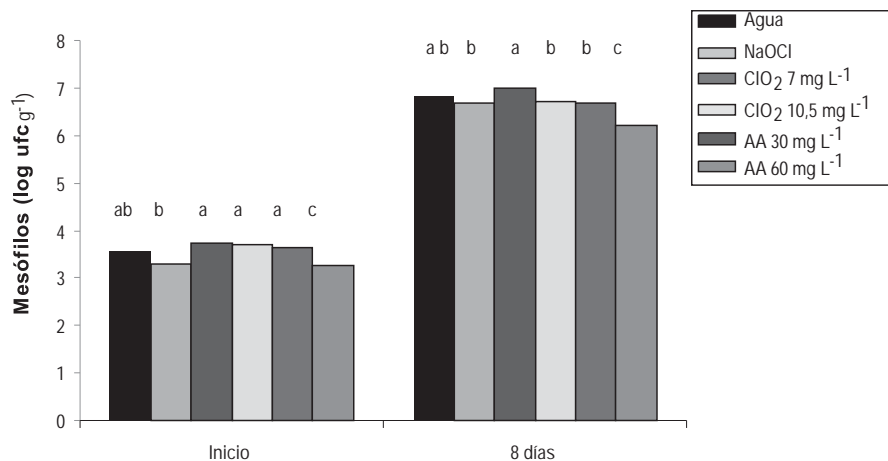


Figura 2. Recuentos de mesófilos (log ufc g⁻¹) según el desinfectante utilizado en el lavado de brotes de Tatsoi y conservado ocho días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva. Para cada momento de análisis, columnas con igual letra no difieren significativamente ($P \geq 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar de la media. NaClO (hipoclorito de sodio), ClO₂ (dióxido de cloro), AA (ácido ascórbico).

homeostático, interrumpen el transporte de sustratos e inhiben algunas vías metabólicas (Foegeding y Busta, 1991). Según Jung y Beuchat (2000), su acción antimicrobiana se debe a la alteración de la permeabilidad y/o interrupción del transporte a través de la membrana, a la acumulación de aniones o a la reducción del pH celular interno por la disociación de los iones H⁺ que constituyen a los ácidos. En

este trabajo, posiblemente, una concentración ligeramente superior a 60 ppm hubiese controlado el crecimiento de levaduras de forma similar al NaClO.

La eficiencia del ClO₂, confirmada en este trabajo, ha sido previamente observada por Zhang y Farber (1996), Singh *et al.* (2002) y Rodgers *et al.* (2004). Estos autores inocularon *E. coli* O157:H7 y obtuvieron reducciones de

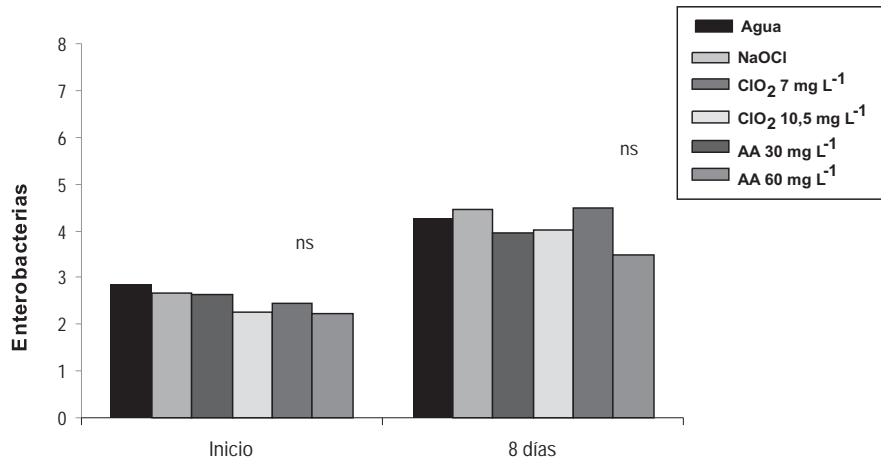


Figura 3. Recuentos de enterobacterias ($\log \text{ufc g}^{-1}$) según el desinfectante utilizado en el lavado de brotes de Tatsoi y conservado ocho días a 5°C en atmósfera modificada pasiva. Para cada momento de análisis, columnas con igual letra no difieren significativamente ($P \geq 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar de la media. NaClO (hipoclorito de sodio), ClO₂ (dióxido de cloro), AA (ácido ascórbico).

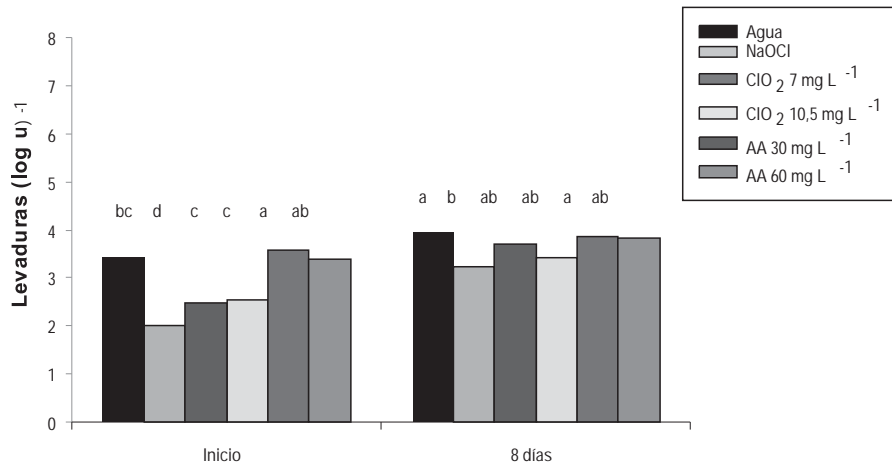


Figura 4. Recuentos de levaduras ($\log \text{ufc g}^{-1}$) según el desinfectante utilizado en el lavado de brotes de Tatsoi y conservado ocho días a 5°C en atmósfera modificada pasiva. Para cada momento de análisis, columnas con igual letra no difieren significativamente ($P \geq 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar de la media. NaClO (hipoclorito de sodio), ClO₂ (dióxido de cloro), AA (ácido ascórbico).

1,48 a 1,97 $\log \text{ufc g}^{-1}$ en lechuga y zanahoria tipo «baby» utilizando una disolución de 10 mg L^{-1} de ClO₂ durante 10 minutos (Singh *et al.*, 2002) o incluso concentraciones de sólo 5 mg L^{-1} han sido suficientes para reducir el crecimiento de este patógeno en lechuga (Zhang y Farber, 1996), manzanas, fresa y melón cantaloupe MPF (Rodgers *et al.*, 2004). Concentraciones más bajas de ClO₂ como 3 mg L^{-1} , han proporciona-

do un efecto antimicrobiano similar al de 100 mg L^{-1} de NaClO, en lechuga tipo iceberg MPF, después de una conservación de tres días a 4°C seguida de 7 días a 7°C (López-Gálvez *et al.*, 2010).

Los desinfectantes estudiados, a las dosis aplicadas, no produjeron amarillamiento del tejido ni aportaron sabores u olores extraños (datos no presentados). La apariencia mos-

tró diferencias entre tratamientos al final del período de conservación donde los brotes lavados con ClO₂ a la concentración de 10,5 mg L⁻¹ mostraron el menor valor. Sin embargo el valor de 6 asignado por los evaluadores fue supe-

rior al límite definido como mínimo aceptable para el consumo (Figura 5). En el sabor, textura y calificación global, no se registraron diferencias entre tratamientos (Figuras 6 a 8).

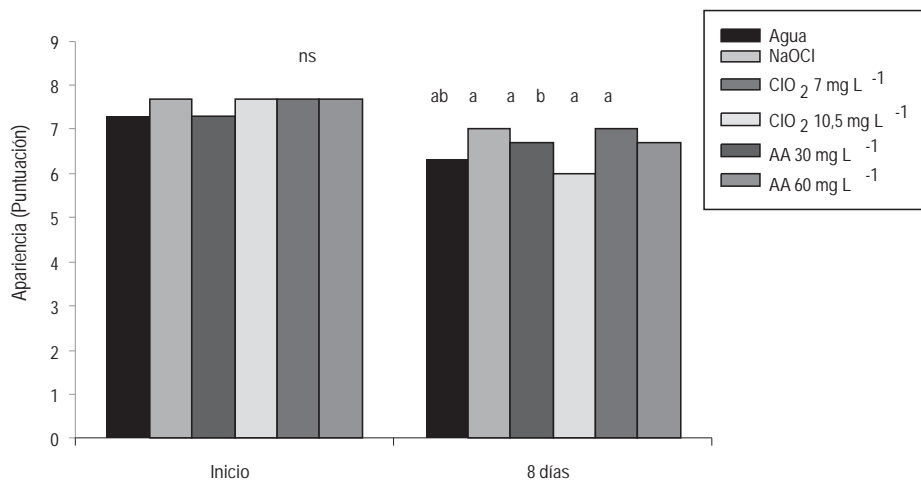


Figura 5. Apariencia según el desinfectante utilizado en el lavado de brotes de Tatsoi y conservado ocho días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva. Para cada momento de análisis, columnas con igual letra no difieren significativamente ($P \geq 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar de la media. NaClO (hipoclorito de sodio), ClO₂ (dióxido de cloro), AA (ácido ascórbico).

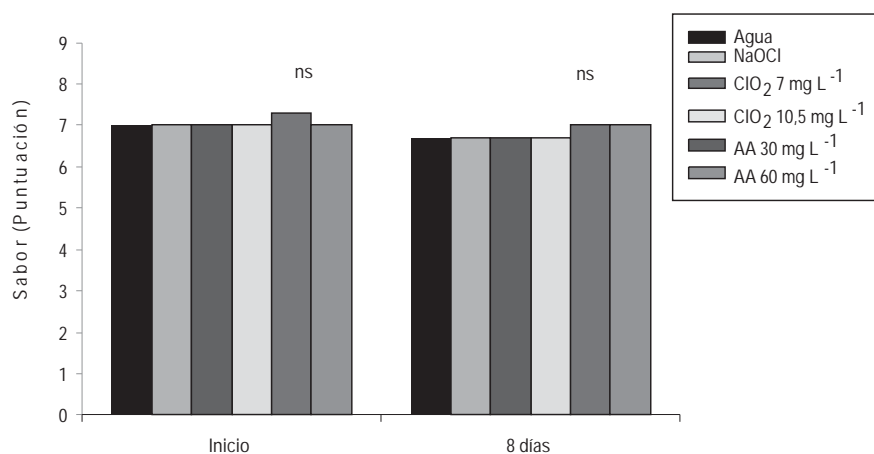


Figura 6. Sabor según el desinfectante utilizado en el lavado de brotes de Tatsoi y conservado ocho días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva. Para cada momento de análisis, columnas con igual letra no difieren significativamente ($P \geq 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar de la media. NaClO (hipoclorito de sodio), ClO₂ (dióxido de cloro), AA (ácido ascórbico).

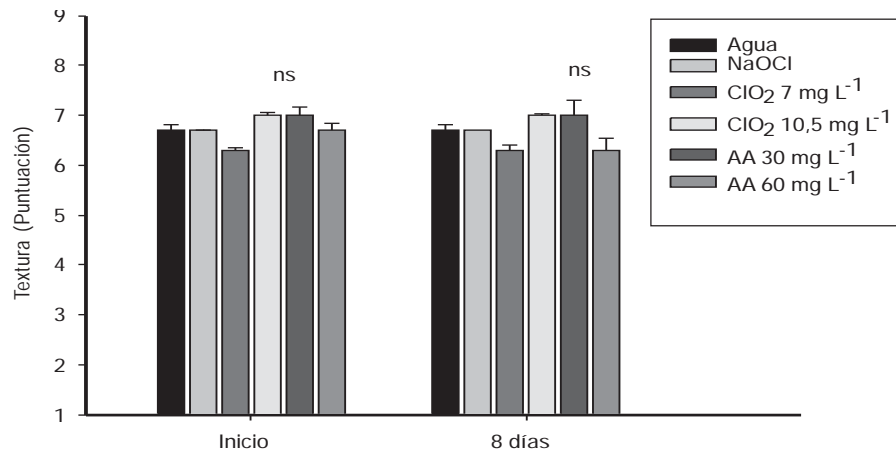


Figura 7. Textura según el desinfectante utilizado en el lavado de brotes de Tatsoi y conservado ocho días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva. Para cada momento de análisis, columnas con igual letra no difieren significativamente ($P \geq 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar de la media. NaClO (hipoclorito de sodio), ClO₂ (dióxido de cloro), AA (ácido ascórbico).

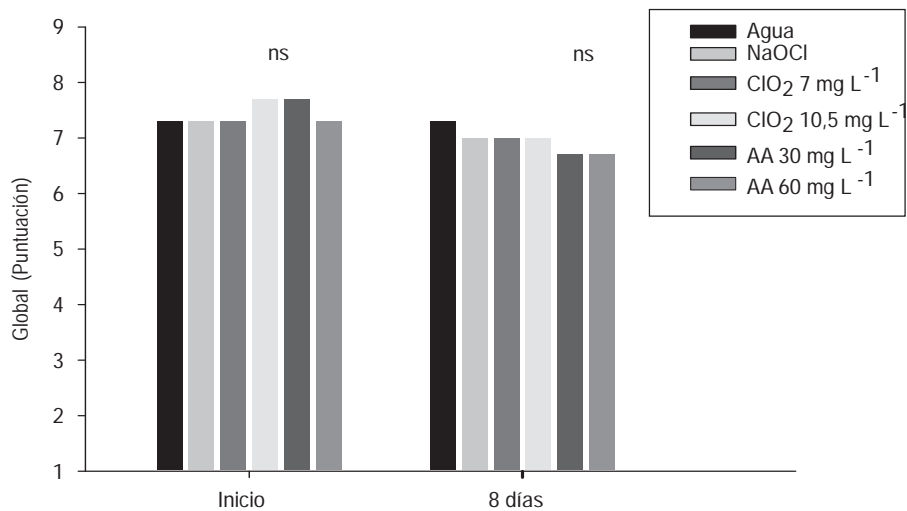


Figura 8. Calificación global según el desinfectante utilizado en el lavado de brotes de Tatsoi y conservado ocho días a 5 °C en atmósfera modificada pasiva. Para cada momento de análisis, columnas con igual letra no difieren significativamente ($P \geq 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar de la media. NaClO (hipoclorito de sodio), ClO₂ (dióxido de cloro), AA (ácido ascórbico).

En este trabajo no se observó el efecto negativo del ClO_2 en la calidad sensorial de los brotes de Tatsoi que algunos autores sí han detectado en hortalizas como patatas (Tsai *et al.*, 2001), lechugas (Singh *et al.*, 2002) o zanahorias MPF (Sy *et al.*, 2005).

Conclusiones

Teniendo en cuenta la calidad microbiológica y sensorial, todos los desinfectantes evaluados en este trabajo y a las concentraciones utilizadas, permitieron mantener la vida útil de los brotes de Tatsoi durante ocho días a 5 °C.

Existen agentes químicos emergentes como el AA y ClO_2 capaces de reemplazar la utilización de los derivados del cloro como el NaClO durante la etapa de lavado de productos MPF que en ocasiones pueden superar el efecto antimicrobiano del NaClO, tal y como se observó con el AA. Concentraciones mínimas ideales para obtener estos resultados consistieron en la utilización de 60 ppm para el AA y 10,5 mg L⁻¹ de ClO_2 , las cuales no dañaron el tejido de los brotes Tatsoi y son económicamente sostenibles permitiendo que el producto se mantenga apto para el consumo por un periodo de ocho días a 5 °C.

Agradecimientos

Se agradece la financiación concedida al Ministerio de Educación y Ciencia de España, a través del proyecto AGL2007-63861/ALI. Al Instituto de Biotecnología Vegetal se le agradece el uso de algunos equipos.

Bibliografía

- Aguayo E, Requejo C, Stanley R, Wolf A. 2010. Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. *Postharvest Biology and Technology*, 57: 52 - 60.
- Aguayo E, Escalona VH, Artés-Hernández F, Gómez P, Artés F. 1997. 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 in Food Science & Technology*, 7: 179 - 187.
- Artés F, Gómez PA, Aguayo E, Escalona VH, Artés-Hernández F. 2009. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. *Postharvest Biology and Technology*, 51: 287 - 296.
- Bari M, Nakauma M, Todoriki S, Juneja VK, Isshiki K, Kawamoto S. 2005. Effectiveness of irradiation treatments in inactivating *Listeria monocytogenes* on fresh vegetables at refrigeration temperature. *Journal of Food Protection*, 68: 318 - 323.
- Bell KY, Cutter CN, Sumner SS. 1997. Reduction of foodborne microorganisms on beef carcass tissue using acetic acid, sodium bicarbonate and hydrogen peroxide spray washes. *Food Microbiology*, 14, 439 - 448.
- Carlin F, Nguyen-the C. 1999. Minimally processed produce : Microbiological issues. En: Proceedings of the international conference on fresh-cut produce, 9 - 10 September, Chipping Camden, Chipping Campden : CCFRA. pp. 12 - 13.
- España. Ministerio de la Presidencia. 2001. RD 3484/2000. 2001. En: *Boletín Oficial del Estado. Madrid (España)*, 11: 1435 - 1441.
- Foegeding PM, Busta FF. 1991. Chemical food preservatives. En: Block SS. [Ed.]. Disinfection, Sterilization and Preservation. Philadelphia : Lea and Febiger. pp. 802 - 832.
- Garmendia G, Vero S. 2006. Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas. *Horticultura*, 197, 18 - 27.
- Gómez-López VM, Devlieghere F, Ragaert P, Debevere J. 2007. Shelf-life extension of minimally processed carrots by gaseous chlorine dioxide. *Food Microbiology*, 116: 221 - 227.
- Jung IS, Beuchat LR. 2000. Sensitivity of multidrug-resistant *Salmonella typhimurium* DT104 to organic acids and thermal inactivation in liquid egg products. *Food Microbiology*, 17, 63 - 71.
- López-Gálvez F, Allende A, Truchado P, Martínez-Sánchez P, Tudela J.A, Selma MV, Gil MI. 2010. Suitability of aqueous chlorine dioxide versus sodium hypochlorite as an effective sanitizer for preserving quality of fresh-cut lettuce while avoiding by-product formation. *Postharvest Biology and Technology*, 55: 53 - 60.
- Nieuwenhuijsen MJ, Toledano MB, Elliot P. 2000. Uptake of chlorination disinfection by-products : a review and a discussion of its implications for exposure assessment in epidemiological studies. *Journal of Exposure Analysis Environmental Epidemiology*, 10: 586 - 599.
- Priepke PE, Wei LS, Nelson AI. 1976. Refrigerated storage of prepackaged salad vegetables. *Journal of Food Science*, 41: 379 - 382.
- Rodgers SL, Cash JN, Siddiq M, Ryser ET. 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'. *Journal of Food Protection*, 67: 721 - 731.
- Schlimme DV. 1995. Marketing lightly processed fruit and vegetables. *HortScience*, 30, 15-17.
- Silveira AC, Conesa A, Aguayo E, Artés F. 2008. Alternative sanitizers as substitution of chlorine use on fresh-cut 'Galia' (*Cucumis melo* var. *catapultensis*) melon. *Journal of Food Science*, 73: 405 - 411.
- Simons LK, Sanguansri P. 1997. Advances in the washing of minimally processed vegetables. *Food Australia*, 49(2): 75 - 80.
- Singh N, Singh RK, Bhunia AK, Stroschine RL. 2002. Effect of inoculation and washing methods on the efficacy of different sanitizers against *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce. *Food Microbiology*, 19: 183 - 193.
- Sy KV, Murray MB, Harrison MD, Beuchat LR. 2005. Evaluation of gaseous chlorine dioxide as a sanitizer for killing *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and yeasts and moulds on fresh and fresh-cut produce. *Journal of Food Protection*, 68: 1176 - 1187.
- Tsai LS, Huxsoll CC, Robertson G. 2001. Prevention of potato spoilage during storage by chlorine dioxide. *Journal of Food Science*, 66: 472 - 477.
- Uyttendaele M, Neyts K, Vanderswalmen Y, Notebaert E, Debevere J. 2004. Control of *Aeromonas* on minimally processed vegetables by decontamination with lactic acid, chlorinated water and thyme essential oil solution. *International Journal of Food Microbiology*, 90: 263 - 271.
- Watada AE. 1997. Quality maintenance of fresh-cut fruits and vegetables. *Food Biotechnology*, 6: 229 - 233.
- Zagory D. 1999. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. *Postharvest Biology and Technology*, 15: 313 - 321.
- Zhang S, Farber JM. 1996. The effects of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh cut vegetables. *Food Microbiology*, 13: 311 - 321.