

Métodos de sanitización de hortalizas y frutas frescas

Carcache Vega, M.X¹ y Olivas, A²

Proyecto Interinstitucional³ “Fortalecimiento del sistema de certificación de servicios acreditados de MSF, calidad e inocuidad de productos agrícolas (MOTSSA)”

RESUMEN

A nivel mundial existe preocupación por la presencia de brotes de enfermedades, causado por el consumo de productos contaminados. En este contexto de riesgos y contaminación de los alimentos, todos los países deben ejecutar programas de control eficientes para mantener sus productos en el mercado. Dado que existen muchos vacíos en información sobre desinfección de alimentos, principalmente frutas y hortalizas frescas, para cumplir con los estándares de calidad e inocuidad que demanda el mercado, se realizó una investigación bibliográfica con el objetivo de identificar los principales métodos de desinfección de estos productos. Para ello, se recopiló y analizó la información secundaria relacionada con el tema, llegando a la conclusión que aunque, existen diversos procedimientos para la higienización de las frutas y hortalizas, los más utilizados son los derivados del cloro, a su vez se encontró que el ozono por su alto poder oxidante y por no dejar residuos, ha sido uno de los higienizantes de agua más efectivos y prometedores, junto al los tratamientos con rayos ultravioletas, este último también muy eficaz pero de menor difusión y manejo en los procesos de producción de alimentos.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existe preocupación por la presencia de brotes de enfermedades, causado por el consumo de alimentos contaminados, ésta situación ha alertado a los consumidores, quienes exigen que tanto la producción primaria, como la transformación y manipulación de los productos cumplan con los estándares de calidad e inocuidad. Por otra parte, los sistemas de producción deberán.

En general, la contaminación superficial de frutas y hortalizas varía en número y tipo, dependiendo en primera instancia del manejo, previo y posterior a la cosecha, que dicho producto haya recibido, pero también de características particulares del producto, dentro de las cuales se pueden mencionar como elementos más destacados dentro de una amplia gama de situaciones, la presencia de tricomas o vellosidades, exceso de aberturas naturales, presencias de ceras, la topografía de su superficie, entre otras. (Leverentz, 2003).

En el caso particular de las contaminaciones producidas por microorganismos asociados a partículas de tierra u otro tipo de suciedad adherida a la fruta, son de remoción relativamente sencillas a través de métodos convencionales de lavado. No obstante, en presencia de flora asociada al biofilms en la superficie de hojas o frutos comestibles, la

¹ Proyecto MOTSA-IICA

² Consultora MOTSSA-IICA

³ Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Ministerio de Fomento Industria y Comercio (MIFIC), Universidad Nacional Agraria (UNA)

remoción es más difícil ya que se encuentran formando costras u colonias superficiales, u ocupan lugares poco accesibles al agua y los desinfectantes como aberturas naturales, heridas o irregularidades de la superficie, que dificultan el contacto entre los agentes de desinfección y los microorganismos.

En este contexto de riesgos y contaminación de los alimentos, todos los países necesitan contar con programas de control eficientes para garantizar que los suministros nacionales sean inocuos, de buena calidad y estén disponibles a los consumidores, para asegurar que todos los grupos de la población puedan gozar de un estado de salud y nutrición aceptable.

Existen varios métodos para reducir la flora superficial de frutas y hortalizas. Cada uno con ventajas y desventajas dependiendo del tipo de producto y proceso. En general los métodos utilizados se basan en procesos físicos como la remoción mecánica, tratamientos térmicos e irradiación y químicos mediante el uso de agentes desinfectantes superficiales.

Minimizar los peligros de contaminación biológica (microbiológicos, fitosanitarios y zoonosarios); física (clavos, vidrios, uñas) y química (plaguicidas, metales pesados, hormonas) durante todo el proceso de producción, hasta el consumo de un producto determinado, en inocuidad alimentaria implica la garantía que este alimento no causará daño en la salud de los consumidores durante su ingesta (Almonte, 2000). No obstante, la comunidad internacional no solo considera la inocuidad alimentaria como una condición deseable única, sino también “calidad alimentaria” que en su concepto más amplio incluye además de la calidad por atributos (tamaño, color, olor, apariencia y sabor) otros factores adicionales como: calidad nutricional, integridad y la amigabilidad con el medio ambiente durante la producción de estos alimentos.

En Nicaragua, el Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y otras agencias de cooperación, tales como: Catholic Relief Service (CRS) y el Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central (PROMIPAC), consciente de las debilidades que presentan los/as productores/as hortofrutícolas en el tema de calidad e inocuidad, han desarrollado esfuerzos para la obtención de recursos para el fomento de la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la producción primaria. Asimismo, el MAGFOR e IICA han fortalecido la implementación de Procedimientos de Operación Estándar de Sanitización (POES), las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y el Análisis e Identificación de Puntos Críticos de Control (APCC). A pesar, de los esfuerzos, los avances aun son incipientes; por lo tanto, se necesita unir voluntades y la estructuración de un programa nacional con metas definidas y de carácter interinstitucional.

Dado que uno de los problemas más importantes para garantizar la inocuidad de los alimentos, es la ausencia tanto en la superficie como en el interior del producto de residuos tóxicos y microorganismos que producen enfermedades en los consumidores. El conocimiento de los patógenos y metabolitos tóxicos que producen trastornos alimenticios u enfermedades, así como los sistemas de desinfección de alimentos de consumo fresco, juegan un papel muy importante. Razón por la cual, ésta publicación pretende brindar información sobre los principales métodos de desinfección de frutas y hortalizas utilizadas en el manejo y procesamiento del producto, así como información relevante sobre nuevas tendencias de trabajo en el tema.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio está basado en la revisión y análisis de la información secundaria. Primeramente, se realizó una búsqueda exhaustiva y selección de información bibliográfica, la cual permitió obtener un documento que integra información general y relevante sobre los procesos de desinfección en frutas y hortalizas, para el aseguramiento de la inocuidad de la producción.

El análisis de la información es del tipo cualitativo, principalmente extrayendo los resultados relevantes de diferentes científicos y documentos publicados, destacando información relevante sobre métodos y productos para la desinfección de frutas y hortalizas y su efectividad en la eliminación de microorganismos presentes en los alimentos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aunque los productos alimenticios tengan una apariencia sana, pueden hospedar grandes poblaciones de microorganismos, estos pueden expresarse particularmente durante el tiempo caluroso y lluvioso (húmedo). Estos patógenos se van acumulando en los sistemas que manejan agua recirculada y desde ahí los nuevos frutos y vegetales que entran en contacto con esta, se pueden infectar causando enfermedades a los consumidores o incrementando el riesgo de descomposición del producto durante el embarque, manejo y anaquel, ocasionando pérdidas importantes de recursos económicos (Ritenour *et al.*, 2007; Garmendia y Vero, 2006).

La eficacia de los diferentes desinfectantes depende del tipo de frutas u hortalizas, de la característica de su superficie, temperatura y del tipo de patógenos. *Listeria monocytogenes* es casi siempre más resistentes a los desinfectantes que *Salmonella*, *Escherichia coli* y *Shigella*. Existe poco conocimiento sobre los sanitizantes y su capacidad de eliminar parásitos y virus presentes en frutas frescas y hortalizas (Ritenour *et al.*, 2007).

3.1 Principales tratamientos utilizados en la higienización de frutas y hortalizas.

3.1.1 Tratamientos térmicos

a) El curado

El curado es un tratamiento térmico en el cual el producto es sometido a temperaturas y humedades relativas altas durante varios días. La aplicación de este tratamiento ayuda a disminuir la aparición de algunas enfermedades, como el moho verde en citrus (Strange y Eckert, 1994). Las investigaciones de Zhang *et al.*, (2005), evidenciaron que un curado de 48 horas a 35°C y 96% de humedad relativa son suficientes para controlar el desarrollo de *Penicillium digitatum* en heridas de naranjas Valencia. Estos investigadores sugieren que los mecanismos por los cuales se controla el desarrollo del moho verde por curado podrían ser los siguientes:

- Inhibición de la germinación de las esporas fúngicas debido al tratamiento.
- Producción de lignina en las heridas y curado de las mismas.
- Producción de fitoalexinas en las heridas.

b) Inmersión en agua caliente

Este tratamiento se trata de procesos cortos, donde los productos son tratados con agua caliente a temperaturas entre 50-70°C, la temperatura varía de acuerdo al producto a tratar (Ritenour *et al.*, 2007).

Según los estudios de Pao y Davis (1999), citados por (Garmendia y Vero, 2006) utilizando un tratamiento de inmersión en agua a 70°C durante 2 minutos es posible disminuir la carga superficial de *Escherichia coli* en naranjas, en 5 órdenes /cm². Ben Yehoshua (2003), demostró que una sumersión por 2 minutos en agua caliente a 53°C prevenía la aparición de síntomas en fruta cítrica inoculada con *Penicillium digitatum*.

Por su parte, Fallik *et al.*, (1996) diseñaron y patentaron en Israel, un sistema que conjuga dos métodos físicos: la remoción mecánica y el tratamiento con agua caliente. El sistema involucra el uso de cepillos que actúan en la superficie del producto mientras el mismo es tratado con una lluvia de agua caliente durante 10 a 30 segundos.

Según sus resultados este sistema logra una disminución de hasta 4 órdenes en la flora superficial del producto (Schirra *et al.*, 2000). No obstante, en este método, es importante controlar las condiciones (temperatura y tiempo) y adecuarlas al producto a tratar, para minimizar los posibles cambios adversos en la textura y color (Garmendia y Vero, 2006).

3.1.2 Agentes desinfectantes

Los tratamientos con agentes desinfectantes se hacen en solución acuosa por inmersión o aspersión. El alcance depende del compuesto desinfectante y de los microorganismos que se deseen eliminar. Su eficacia varía con la concentración del agente, y en mayor o menor medida con la temperatura, el pH, el tiempo de contacto y el contenido de materia orgánica (Garmendia y Vero, 2006).

Dentro de los agentes desinfectantes utilizados en el tratamiento de frutas y hortalizas se encuentran: Compuestos halogenados, ácidos, amonio cuaternario y compuestos de oxígeno activo (Ritenour *et al.*, 2007).

En el caso particular de la lechuga (*Lactuca sativa*), se utilizan los tres primeros procedimientos mencionados en el cuadro 1.

El tiempo de tratamiento de estos métodos no pasa de los 7 minutos, a excepción del UV-C. Por otra parte, en general estos tratamientos, se utilizan para reducir la presencia de *E. coli* (Cuadro1).

Cuadro 1. Higienizantes utilizados en la industria de productos hortícolas de consumo fresco.

Higienizante	Vegetal	Dosis	Concentración	Tiempo/ minutos	T° L	Reducción de microflora
Hipoclorito de sodio	Lechuga	100 mg/L	30S	2-5	4°C	<i>E. coli</i> : 2.2-2.4 log
Dióxido de cloro estabilizado		-	-	5	22°C	<i>E. coli</i> (Lavados 1,2 y 3): 1.2, 1.7 y 1.84
UV-C		-	30W	15	50cm, ambos lados	<i>E. coli</i> : 1-1.5 log
Hipoclorito de sodio	Brocoli	50 mg/L	30S	2-5	4°C	<i>E. coli</i> : 1.9-2.6 log
Ácido peroxiacético	Zanahoria	80 mg/L	-	2	25°C	<i>E. coli</i> 1.65 log; RT*: 1.3 log, Hongos filamentosos: 0.35-0.92 log.
Peroxido de hidrógeno	Melón	-	-	2	25°C	<i>Salmonella</i> : 1.8 log
Ozono en agua	Papa	4 ppm	-	3-7	8°C	RT: 0; 1.14; 0.75log (día 0, 5 y 14). Psicrotrofos: 0.6 log (día 0); 1.14 (día 5), Bacterias anaerobias: 0 (día 0); 1.2 (día 14) Bacterias ácido lácticas: 0 (día 0); 3.29 (día 14), Coliformes: 0 (día 0); 3 (día 14)

T°L: Temperatura de lavado, RT: Recuento total de aerobios mesófilos; *E. coli* = *E. coli* O157:H7

Fuente: Behrsing *et al*, 2000; Inatsu *et al*, 2005, Singh *et al* 2002; González *et al*, 2004; Beltrán *et al*, 2005.

3.1.3.1 Compuestos clorados

a) Formas de cloro

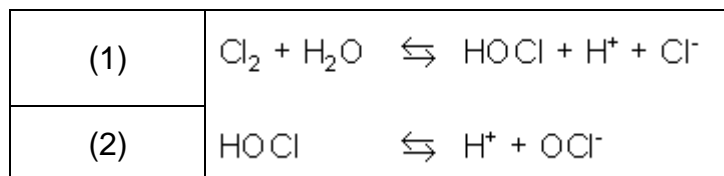
Las principales fórmulas de cloro usados en la sanitización incluye hipoclorito de sodio (NaClO), hipoclorito de calcio (Ca (ClO)²), y cloro gaseoso (Cl₂). El hipoclorito de sodio es comercializado frecuentemente en soluciones de 12 a 15 %. El hipoclorito de calcio con frecuencia es vendido en polvo o en tabletas en formulaciones de 65% y el cloro gaseoso viene en cilindros de gas presurizado (Ritenour *et al.*, 2007).

Cuando el hipoclorito de sodio, al igual que el hipoclorito de calcio y cloro gaseoso, es adicionado al agua, forma hidróxido de sodio (NaOH) y ácido hipocloroso (HCLO), también llamado cloro disponible o cloro activo, que es el que realiza la acción biocida contra los patógenos (Ritenour *et al.*, 2007; Garmendia y Vero, 2006).

b) Cloro, sales de hipoclorito y dióxido de cloro

El cloro es el desinfectante más utilizado en la industria alimentaria. Debido a su bajo costo, se ha utilizado ampliamente para desinfectar las superficies que hacen contacto con alimentos y también para reducir la carga microbiana del agua utilizada en diferentes operaciones. En general se utilizan soluciones acuosas de hipocloritos o de cloro gas.

Cuando el cloro se disuelve en agua se forma ácido hipocloroso y ácido clorhídrico estableciéndose un equilibrio entre las distintas sustancias (1).



A su vez el ácido hipocloroso (2) está en equilibrio con su forma disociada. Es así que las soluciones de cloro contienen moléculas de HOCl (ácido hipocloroso) y sus iones H^+ y ClO^- en equilibrio. De ellos, la forma no disociada del ácido (HOCl) es la forma activa frente a los microorganismos. Cuando se disuelve hipoclorito en agua la reacción que ocurre es la (2) a la inversa, es decir el ión hipoclorito formado en la disolución de la sal forma ácido hipocloroso, estableciéndose el mismo equilibrio

El modo de acción del ácido hipocloroso se basa en su capacidad oxidante. Es altamente reactivo en presencia de materia orgánica, reaccionando con muchos grupos funcionales de oxidantes. Su capacidad de destruir microorganismos depende de la cantidad de cloro residual libre, es decir el ácido hipocloroso restante después de reaccionar con la materia orgánica presente en el agua. Como resultado de la reacción con la materia orgánica, el ácido hipocloroso forma cloro gas pero también trihalometanos como el cloroformo de posible acción cancerígena. Es por eso que existe preocupación por los operarios que utilizan estos desinfectantes.

La exposición a vapores de cloro por tiempos prolongados puede causar irritación en la piel y el tracto respiratorio. Según la OSHA⁴ el límite de exposición para los trabajadores es de 1ppm en aire y no más de 0.5 ppm en jornadas de 10 horas por día o 40 horas por semana. Otro peligro para los operarios, es la posible formación de compuestos organoclorados durante el tratamiento de fruta y hortalizas con cloro.

Las soluciones de hipoclorito, se utilizan en concentraciones entre 50 y 200 ppm durante 1 o 2 minutos (FDA, 2001), alcanzando máximas reducciones de dos órdenes aproximadamente, siendo estos resultados similares a los obtenidos por tratamiento con agua. Por su parte, Pao y Davis (1999) demostraron que la cantidad de *E. coli* inoculada en superficie de naranjas se reducía en dos órdenes/cm², luego de la inmersión en solución de cloro (200ppm) por 8 minutos, siendo ésta reducción apenas superior cuando se utiliza agua. En esta misma línea, Winniczuk (1994) encontró que la sumersión de naranjas en soluciones de ácido hipocloroso (1000ppm) por 15 segundos, lograba reducir el 90% de la flora superficial en comparación con el 60% cuando la inmersión es en agua. Sin embargo, existen trabajos que muestran reducciones mayores, tales como el de Wu *et*

⁴ Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos

al., (2000). En dicho trabajo, se documenta la reducción de 7 órdenes en la carga de *Shigella sonnei* sobre hojas enteras de perejil por inmersión en una solución de cloro (250ppm) durante 5 minutos

c) Dióxido de cloro

Este tratamiento, presenta un gran poder oxidante, incluso mayor al del cloro. Sin embargo, es altamente inestable, se descompone a temperaturas superiores a los 30°C y al ser expuesto a la luz. En concentraciones por encima del 10% es explosivo; por lo tanto, no puede ser trasladado en forma concentrada. Según FDA (2001), las concentraciones no deben superar los 5 ppm para el tratamiento de frutas y hortalizas sin pelar. Según OSHA, el límite de exposición de trabajadores en los Estados unidos es de 0.1 ppm en aire.

El dióxido de cloro, evita el desarrollo de bacterias, es incoloro e inodoro, no transmite sabor alguno a los alimentos, es seguro, disponible todo el año, económico, de uso generalizado en la Industria Alimentaria, de fácil aplicación, solo se diluye en agua (Cuadro 2).

Cuadro 2. Dosificación de dioxido de cloro para diferentes usos

Usos	Porcentaje
Potabilización de agua	0.01 al 0.05 %
Sanitización de utensilios, recipientes e instalaciones	0.10 al 0.50%
Sanitización de granjas	0.10 al 0.50 %
Sanitización de locales y hospitales	2.50 %
Frutas y legumbres	0.50 %

Su uso como agente desinfectante en frutas y hortalizas no está bien documentado. En general las concentraciones efectivas de dióxido de cloro son bastante menores que las correspondientes de hipoclorito. Rodgers *et al.*, (2004) en su ensayo in vitro determinaron la eficacia del dióxido de cloro (3 y 5ppm) sobre *E. coli* y *Listeria monocytogenes*, la presencia de ambos patógenos disminuyó en 5 órdenes aproximadamente, en un tiempo de 19 a 21segundos. También, Zhang y Faber (1996) encontraron que al inocular hojas de lechuga con *L. monocytogenes* y sumergirlas en solución de dióxido de cloro (5 ppm) por 10 minutos, se reduce la carga a 1.1 órdenes, siendo esta mayor que la obtenida por tratamiento con agua. Por su parte, Singh *et al.*, (2002) observaron una reducción de 1.5 órdenes de *E. coli* inoculada sobre las hojas de lechuga, luego de 10 minutos de inmersión en una solución de dióxido de cloro (10 ppm), siendo ésta mayor a la encontrada en la muestra tratada con agua (reducción de 1 orden).

De acuerdo a Ritenour *et al.*, (2007), la actividad del cloro está influenciada por el pH, la materia orgánica y la temperatura. Las soluciones de cloro con pH por arriba de 8 pueden ser inefectivas. Por debajo de pH 6, el cloro es corrosivo y la actividad de sanitización se pierde. A un pH cerca de 7 se mantiene el 80 % del cloro en la forma disponible (ácido hipocloroso) con muy poco gas formado. Por otra parte, la materia orgánica que se desprende del producto y se incorpora al agua al momento de la desinfección e inactiva poco a poco al ácido hipocloroso. Por último, el ácido hipocloroso a altas temperaturas mata a los patógenos muy rápidamente; sin embargo, también se pierde muy rápidamente, debido a las interacciones que se presentan entre el agente de desinfección, la temperatura y la materia orgánica en la solución del tanque.

3.1.3.2 Compuestos amónicos cuaternarios

Son surfactantes catiónicos utilizados para la desinfección de paredes, suelos, equipos y superficies en contacto con los alimentos en las plantas de procesamiento de frutas y hortalizas. Son relativamente estables en presencia de materia orgánica. El rango del pH para la acción antimicrobiana, es de 6-10. No son compatibles con detergentes aniónicos.

El modo de acción antimicrobiana se puede resumir en una adsorción del compuesto a la superficie microbiana, una posterior difusión al interior de la célula, unión a la membrana citoplasmática y ruptura de la misma con liberación de contenido citoplasmático (Merianos, 1991). Debido a su actividad surfactante, tienen buena capacidad penetrante y pueden formar films antimicrobianos sobre la superficie del producto. No se descompone en su acción frente a microorganismos, dejando residuos sobre el producto aplicado (Parish *et al.*, 2003).

Este tratamiento no es corrosivo y es estable a altas temperaturas. Son muy eficaces frente hongos, levaduras y bacterias Gram positivas como, *L. monocytogenes*, mientras que su acción es menor frente a bacterias Gram negativas como, coliformes o *Salmonella spp*; es decir, que su acción antimicrobiana puede ser menor. Sin embargo, la actividad antimicrobiana varía según el amonio cuaternario utilizado (Marriott, 1999).

Existen pocas referencias en cuanto al uso como sanitizante para hortalizas y frutas. Según trabajos de Winniczuk (1994), la microflora de naranjas se redujo aproximadamente 95% en 200ppm de solución de amonios cuaternarios durante 15 segundos, a diferencia de una reducción de 60% lograda por inmersión en agua. En el caso de alimentos la FDA no aprueba su uso, a menos que el producto sea pelado antes de su consumo (FDA, 2001).

3.1.3.3 Compuestos ácidos

Su uso se basa en lograr un bajo pH que impida la proliferación de microorganismos no deseados. Sin embargo, también tienen acción antimicrobiana por sí mismos. En este sentido son activos a pH ácidos, en su forma no ionizada. En esta forma, el ácido pasa a través de la membrana celular llegando al citoplasma. Debido a que el pH intracelular es cercano a la neutralidad, el ácido se disocia dentro de la célula, acidificando el interior celular causando efectos inhibidores de reacciones enzimáticas y sistemas de transporte (Foegeding, y Busta, 1991).

La eficacia de los ácidos orgánicos como desinfectantes varía con el tipo de ácido y el microorganismo que se busca inhibir. Su aplicación puede tener efectos negativos en propiedades sensoriales como el sabor y el aroma de los productos tratados. El trabajo de Nascimento *et al.*, (2003), demostró que el efecto de un tratamiento de hipoclorito (200 ppm) por 15 minutos sobre la flora superficial de lechuga era equivalente al tratamiento con ácido acético al 4% siendo la reducción de bacterias y hongos de aproximadamente 3 órdenes.

3.1.3.4 Compuestos alcalinos

Existen varios ejemplos del uso de fosfato trisódico como agente desinfectante. Rodgers *et al.*, (2004), determinaron la eficacia *in vitro* de FTS (100 y 200pm) sobre *E. coli* y *L. monocytogenes*. En estas condiciones la carga de ambos patógenos disminuyó en

aproximadamente 5 órdenes en 27 segundos. Por otro lado, la población de *Salmonella* sobre superficie de tomates se reducía de 5.2 órdenes /cm² a valores no detectables luego de un tratamiento de 15s en 15% FTS (Zhuang y Beuchat, 1996). Sin embargo, no se conoce mucho acerca de la eficacia de los FTS como agentes desinfectantes en condiciones comerciales. Sampathkumar *et al.*, (2003), estudiaron el efecto de TSP sobre *Salmonella enterica* aplicado en diferentes concentraciones (1, 2 y .5%) y en diferentes condiciones de pH (alcalino y neutro). En medio alcalino hubo pérdida de viabilidad celular e integridad de membrana, lo que ocasionó la muerte celular. En cambio, en medio neutro este efecto no fue detectado. Otras sustancias alcalinas tales como el bicarbonato de sodio redujeron la carga superficial de *E. coli* en naranjas (Pao y Davis, 1999).

3.1.3.5 Compuestos del oxígeno activo

a) Peróxido de hidrógeno (Garmendia y Vero, 2006)

El peróxido de hidrógeno es un fuerte oxidante. Los productos de reacción con materia orgánica son oxígeno y agua, los cuales son totalmente inocuos. Su actividad antimicrobiana está basada en su poder oxidante. De esta forma reacciona con grupos sulfhidrilo y dobles enlaces en proteínas, lípidos y afectando por lo tanto la membrana citoplasmática. Puede además inducir la formación de radicales libres que actúan contra ADN, lípidos de membrana y otros componentes celulares esenciales (Block, 1991). Algunos trabajos demostraron su acción antimicrobiana sobre frutas y hortalizas. Ukuku (2004), encontró que el tratamiento en melones contaminados artificialmente, con solución de peróxido de hidrógeno al 5% durante 2 minutos causaba una reducción de 3 órdenes en la carga de *Salmonella sp.*

El uso de peróxido de hidrógeno como agente desinfectante está limitado a algunas frutas y hortalizas. No es aconsejable su uso sobre fresas y frambuesas, debido al blanqueamiento de pigmentos. También produce efectos negativos en hongos comestibles debido a que la oxidación de compuestos fenólicos ocasiona pérdida de color. (Sapers, 2001).

b) Ácido peracético

El ácido peracético es un fuerte agente oxidante. Comercialmente se consigue como una mezcla de ácido peracético, ácido acético y peróxido de hidrógeno. Su actividad depende del pH, siendo más activo a pH más bajos. Sin embargo, su actividad se mantiene en un amplio rango de pH, disminuyendo en forma importante por encima de pH 9. Su acción antimicrobiana se basa en su capacidad oxidante. Se plantea que los grupos sulfhidrilo en proteínas, enzimas y otros metabolitos son oxidados. De esta forma se pierde la funcionalidad de muchas de estas macromoléculas, lo cual trae como consecuencia la ruptura celular por pérdida de funcionalidad de la membrana citoplasmática. La FDA (2001) aprueba su uso para la desinfección directa de frutas y hortalizas. La concentración recomendada es de 40-80 ppm.

Rodgers *et al.*, (2004) determinaron la eficacia in vitro de ácido peracético (80ppm) sobre *E. coli* y *L. monocytogenes*. En las condiciones del ensayo ambos patógenos fueron disminuidos en aproximadamente 5 órdenes, en 70 a 75 segundos. Su uso como desinfectante de frutas y hortalizas está documentado en varios trabajos. Según los trabajos de Winniczuk (1994) la microflora superficial de naranjas se reducía un 85%

después de un cepillado en agua seguido de un baño de 15 segundos en ácido peracético 200 ppm, comparado con una reducción de 60% cuando el baño se realizaba en agua.

3.2 Evaluación de dos alternativas potenciales al uso de agentes desinfectantes derivadas del cloro.

3.2.1 El ozono

Es un gas a temperatura ambiente, con una muy elevada capacidad oxidativa. Su poder oxidante es mayor al del hipoclorito y del dióxido de cloro. Al reaccionar se descompone en oxígeno sin dejar otro tipo de residuos (Smilanick *et al.*, 1999). La alta reactividad del ozono se atribuye al alto poder oxidante de estos tres radicales libres. De igual manera, oxida la materia orgánica en suspensión actuando como un coagulante de la misma en el agua de procesado, con lo cual se mejora la calidad de la misma, aunque significa también una disminución de la concentración del ozono y por ende en su efectividad como agente de desinfección (Gil *et al.*, 2003).

Debido a su alto poder oxidante y de auto degradarse sin dejar productos de reacción, lo hacen un desinfectante viable para garantizar la seguridad microbiológica y calidad de los alimentos. También, es un potente agente antimicrobiano, activo frente a bacterias, virus, hongos filamentosos, protozoos y esporas bacterianas y fúngicas; disuelto en agua es efectivo contra *E. coli*, *Salmonella enteritidis*, *Pseudomonas putrefaciens*, *Pseudomonas fluorescens*, *Leuconostoc senteroides* y *Cryptosporidium parvum* (Gil *et al.*, 2003). En este sentido, Rodgers *et al.*, (2004) determinaron la eficacia *in vitro* de ozono 3ppm contra *E. coli* y *L. monocytogenes*. En las condiciones del ensayo la concentración de ambos patógenos disminuyó en aproximadamente 5 órdenes en 15 segundos (Achen y Yousef, 2001).

Otros efectos y uso del ozono se dan sobre la retardación de la maduración de las frutas por la destrucción que ejerce en el gas etileno ($H_2C=CH_2$) descomponiéndolo en dióxido de carbono y agua ($CO_2 + H_2O$), incrementando el periodo de vida en anaquel, lo cual se ha demostrado en experimentos desarrollados con plátanos, uvas, manzanas, moras, cebollas, papas, lechuga, remolacha y zanahoria. Para ello las aplicaciones de ozono gaseoso han demostrado tener buenos resultados al respecto. No obstante el uso de ozono gaseoso debe realizarse con mucha precaución (Gil *et al.*, 2003, Rice *et al.*, 1982; Xu-Liangji, 2008).

Su uso potencial en la industria de frutas y verduras depende del hecho de que como agente oxidativo, es 1.5 veces más fuerte que el cloro y más efectivo para un espectro más amplio de microorganismos que el cloro y otros desinfectantes (Rice *et al.*, 1982). Por lo tanto, se convierte en una alternativa para la higienización de frutas y hortalizas, pudiendo además degradar pesticidas presentes en la superficie de los frutos y para tratamientos de aguas residuales. Es decir, que su empleo en la industria de alimentos es aconsejable por su capacidad de reducción de carga microbiana, disminución del nivel de compuestos orgánicos tóxicos y reducción de la demanda química y biológica en el ambiente (Gil *et al.*, 2003).

3.2.2 Radiación ultravioleta

La luz ultravioleta es una radiación no ionizante con una longitud de onda de 100 a 400nm; se clasifica en tres tipos: UV-A (315-400nm), UV-B (280-315nm) y UV-C (200-280nm). La irradiación UV-C tiene su máximo pico de emisión a 254nm y se ha

comprobado que es en esta longitud de onda donde presenta su mayor acción germicida, por lo que ha sido ampliamente estudiada en varios tejidos vegetales (Artes y Allende, 2005; Domínguez y Parzanese 2006).

Este método se utiliza como alternativa para la esterilización química, porque reduce el crecimiento de microorganismos en superficies inertes y en frutos. (Stevens *et al.*, 1998a y b). El componente UV de la luz solar es la causa principal de muerte de microorganismos en el ambiente exterior, donde la velocidad de mortalidad varía entre patógenos, dosis aplicadas y tiempos de exposición; el tiempo puede variar de unos segundos a minutos para producir la muerte de 90 a 99 % de virus o bacterias. Algunas bacterias ambientales y esporas suelen ser más resistentes y sobrevivir a exposiciones mayores.

El mecanismo directo de acción de la irradiación UV-C en la inactivación microbiana reside en el daño que causa al ADN y generar así mutaciones que bloquean la replicación celular, la cual si no es reparada conduce a la muerte celular. La irradiación UV-C también actúa de manera indirecta al inducir mecanismos de resistencia por acumulación de compuestos fungicidas como fenoles, flavonoides y poliaminas (Rivera-Pastrana *et al.*, 2007).

La radiación UV produce cambios fotoquímicos, cuyos efectos pueden variar según la especie de microorganismo que se trate. El mecanismo de acción letal depende de su absorción por el ADN, pudiendo detener el crecimiento celular y provocar la muerte.

El tiempo de aplicación de UV-C oscila entre 1 y 5 min, periodo que no incrementa significativamente la temperatura del tejido (1-3 °C), ni produce alteraciones o favorece los procesos deteriorativos del producto. Una ventaja es que no deja residuos y no afecta las características sensoriales (sabor y aroma) del producto. Pero la sensibilidad de los tejidos al tratamiento con UV-C difiere en función del genotipo, y en ocasiones las dosis altas pueden favorecer la oxidación de compuestos bioactivos del fruto, como vitamina C, carotenos y fenoles, así como el oscurecimiento superficial del tejido (González-Aguilar *et al.*, 2001, 2006).

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la industria alimentaria, los riesgos de contaminación de los alimentos son diversos y en general se distribuyen a lo largo de la cadena de producción, desde la producción primaria hasta el consumo, lo que dificulta alcanzar la inocuidad de los alimentos haciendo uso de los métodos artesanales de producción y manipulación de los productos alimenticios.

La aplicación de los lineamientos para minimizar el riesgo microbiano en frutas y hortalizas, representa un serio reto, tanto para los productores, como para las instituciones responsables del sector agroindustrial.

Entre los diferentes métodos de desinfección de frutas y hortalizas, los derivados del cloro, son los más utilizados. Con su uso como desinfectante de la superficie de las frutas y hortalizas, la eliminación de esporas en germinación y micelios se logra eficientemente, no obstante su efecto es prácticamente nulo frente a patógenos que están creciendo en el interior de los tejidos de frutos y vegetales (dentro de magulladuras o en infecciones pasivas).

El ozono por su alto poder oxidante, ha sido uno de los higienizantes de agua más efectivos, por su capacidad de no dejar residuos, además de poder ser producido en el sitio a utilizar, lo que elimina la necesidad de su almacenamiento. Razón por la cual, debe ser considerado como una alternativa que merece ser evaluada para lograr una aplicación más amplia en las industrias agroalimentarias como higienizante de frutas y hortalizas para consumo fresco.

Debido a los resultados mostrados por diferentes autores, la irradiación ultravioleta tipo C es una opción interesante a ser tomada en cuenta como desinfectante en frutos y hortalizas frescos, así como para la preservación de los mismos e inducción a una mayor vida en anaquel.

Dado que la radiación UV-C es un tratamiento que no deja residuos y no genera cambios indeseables en las características sensoriales y nutritivas del producto. Podría considerarse como una herramienta complementaria a la refrigeración y al envasado para preservar la calidad organoléptica y nutricional, y aumentar la comercialización de alimentos mínimamente procesados.

Por lo antes expuesto, es importante desarrollar una agenda de investigación y un programa de gestión del conocimiento "incluyente" (Estructuras de investigación estatales y entes privados, universidades y gremios de la producción), que permita brindar respuestas alternativas a las necesidades del sector productor de alimentos (producción primaria y transformación) sobre los procesos de producción y transformación de productos, principalmente en la pequeña y mediana producción, que representa a la mayoría productiva, que son el pilar primario de la disponibilidad de alimentos y el sector que posee poca disponibilidad de inversión para la adquisición de tecnología moderna tanto para la producción, como para la desinfección de productos alimenticios.

Debería establecerse una estrategia que permita equilibrar las masivas inversiones o recursos destinados para la vigilancia fitozoosanitaria, tratando de desarrollar acciones relacionadas al mejoramiento de las técnicas de producción, fundamentados en sistema de control ecológico de poblaciones de insectos plagas y enfermedades, así como del suelo y el cultivo que sustenta, contribuyendo a formar una nueva perspectiva de la producción, consecuente con la seguridad de la producción, evitando así mayores riesgos de contaminación en la producción primaria de alimentos.

Por último, se debería diseñar una estrategia que permita equilibrar las inversiones o recursos destinados para la vigilancia fitozoosanitaria, tratando de desarrollar acciones relacionadas al mejoramiento de las técnicas de producción, fundamentados en sistema de control ecológico de poblaciones de insectos plagas y enfermedades, así como del suelo y el cultivo que sustenta.

V. BIBLIOGRAFÍA

- Achen, M y Yousef, A.E. Efficacy of ozone against Escherichi coli O157:H7 on apples. Journal of Food Science (66) 1380-1384.
- Almonte, J. 2000. Estrategia sobre inocuidad y calidad alimentaria. Taller interno de capacitación y establecimiento de líneas prioritarias sobre Inocuidad Alimentaria. SAGARPA-INIFAP. México, D. F. Abril del 2000. 31 p.

- Artes, F y Allende, A. 2005. Processing lines and alternative preservation techniques to prolong the shelf-life of minimally fresh processed leafy vegetables. *Eur. J. Hort. Sci.* 70:231-245.
- Domínguez, L y Parzanese, M. 2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Luz ultravioleta en la conservación de alimentos, In *Revista Alimentos Argentinos*, ficha 2, p 71 – 76.
- Behrsing, J; Winkler, S; Franz, P y Premier, R. 2000. Efficacy of chlorine for inactivation of *Escherichia coli* on vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 19: 187–192.
- Beltrán, D; Selma, M.V; Tudela, J.A y Gil, M.I. 2005. Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 37, 37–46
- Ben-Yehoshua, S. 2003. Effects of postharvest heat and UV applications on decay, chilling injury and resistance against pathogens of citrus and other fruits and vegetables. *Acta Hort.* (ISHS) 599:159-173.
- Block, S.S. 1991. Peroxygen compounds, En: Block SS (ed). *Disinfection, Sterilization and Preservation*. 4th ed Lea and Febiger. Philadelphia. P 167-181.
- Fallik, E; Grinberg, S; Gambourg, M; Klein J.D y Lurie, S. 1996. Prestorage heat treatment reduces pathogenicity of *Penicillium expansum* in apple fruit *Plant Pathology* 45(1): 92-97.
- FDA. 2001. Methods to Reduce/Eliminate Pathogens from Fresh and Fresh-Cut Produce En: *Analysis and Evaluation of Preventive Control Measures for the Control and Reduction/Elimination of Microbial Hazards on Fresh and Fresh-Cut Produce* <http://www.cfsan.fda.gov/~comm/ift3-5.html>.
- Foegeding, P.M. y Busta, F.F. 1991. Chemical food preservatives. En Block SS (ed). *Disinfection, Sterilization and Preservation*. Lea and Febiger. Philadelphia. P 802-832.
- Garmendia, G y Vero, S. 2006. Métodos de desinfección de frutas y hortalizas. *Facultad de Química, Cátedra de microbiología*. 17p.
- Gil, M.I; Periago, P.M y Beltran, D. 2003. Uso del ozono en la higienización de frutas y hortalizas In *Horticultura: Tecnología de pos cosecha* n° 169. P 44-48.
- González-Aguilar, G.A; Villegas-Ochoa, M.A; Cuamea-Navarro, J y Ayala-Zavala F. 2006. Efecto de la irradiación UV-C sobre la calidad de mango fresco cortado. In: *I Simposio Ibero-Americano de Vegetales Frescos Cortados*. G A González-Aguilar y F Cua- mea- Navarro (eds). p: 59-64.
- González-Aguilar, G.A; Wang, C.Y; Buta, G.J y Krizek, D.T. 2001. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. *Internatl. J. Food Sci. Technol.* 36:767-773.
- González, R.J; Luo, Y; Ruiz-Cruz, S. y Mcevoy, J.L. 2004. Efficacy of sanitizers to inactivate *Escherichia coli* O157:H7 on fresh-cut carrot shredded under imulated process water conditions. *J Food Prot.*, 67: 2375–2380.
- Inatsu, Y; Bari, M.L; Kawasaki, S; Isshiki, K y Kawamoto, S. 2005. Efficacy of acidified sodium chlorite treatments in reducing *Escherichia coli* O157:H7 on chinese cabbage. *J Food Prot.*, 68: 251–255.
- Marriott N.G. 1999. En *Principles of Food Sanitation*. 4th ed. Gaithersburg (MD): Aspen. P 147-149.
- Merianos, J.J. 1991. Quaternary ammonium antimicrobial compounds. En: Block SS (ed). *Disinfection, Sterilization and Preservation*. Lea and Febiger. Philadelphia. P 225-255.
- Nascimento, M.S; Catanozi, M.P y Silva, K.C. 2003. Effects of different disinfection treatments on natural microbiota of lettuce. *Journal of Food Protection*. 66: 1697-1700.
- Leverentz, B; Conway, W.S; Janisiewicz, W.J; Saftner, R.A y Camp, M.J. 2003. Effect of combining MCP treatment, heat treatment and biocontrol on the reduction of

- postharvest decay of 'Golden Delicious' apples postharvest biology and technology. *Postharvest Biology and technology*. 27(3): 221-233
- Pao, S y Davis, C.L. 1999. Enhancing microbiological safety of fresh orange juice by fruit immersion in hot water and chemical sanitizers. *Journal Food Protection* 62: 756- 760.
- Parish, M.E; Beuchat, L.R; Suslow, T.V; Harris, L.J; Garrett, E.H; Farber, J.N y Busta, F.F. 2003. Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce. Chapter V. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.
- Ritenour, M.A; Sargent, S.A; Bartz, J.A y Lon Kan, E.E. 2007. Uso de cloro en las líneas de empaque de productos cosechados frescos. Departamento de Horticultural Ciencias, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida. (UF/IUFAS). USA. 6p.
- Rivera-Pastrana, D.M; Gardea, A.A; Martínez, M.A; Rivera, M y González, G.A. 2007. Efectos bioquímicos postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas. *Revista Fitotecnica Mexicana* Vol. 30 (4): 361 – 372.
- Rodgers, S.L; Cash, N.J; Siddiq, M y Ryser, E.T. 2004. A comparison of different chemical sanitizers for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 y *Listeria monocytogenes* in solution and in apple, lettuce, strawberries and cantaloupe. *Journal of Food Protection*. 67(4):721-731
- Sampathkumar, B; Khachatourians, G.G y Korber, D.R. 2003. High pH during trisodium phosphate treatment causes membrane damage and destruction of *Salmonella enterica* Serovar Enteritidis. *Applied and Environmental Microbiology*. 69(1):122-129.
- Sapers, G.M. 2001. Efficacy of washing and sanitizing methods. *Food Technology and Biotechnology*. 39, 305-311.
- Schirra, M; D'hallewin, G; Ben-Yehoshua, S y Fallik, E. 2000. Host-pathogen interaction modulated by heat treatment. *Postharvest Biology and Technology*. 21: 71 - 85.
- Singh, N; Singh, R.K; Bhunia, A.K y Stroshine, R.L. 2002. Efficacy of chlorine dioxide, ozone and thyme essential oil or a sequential washing in killing *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce and baby carrots. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*. 35, 720-729.
- Smilanick, J.L; Crisosto, C y Mlikota, F. 1999. Postharvest use of ozone on fresh fruit. *Perishables Handling Quarterly Issue*. 99: 10-14.
- Stevens, C; Khan, V.A; Lu, J.Y; Wilson, C.L; Pusey, P.L y Kabwe, M.K. 1998a. The germicidal and hormetic effects of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches. *Crop Protect*. 17:75-84.
- Stevens, C; Liu, J; Khan, V.A; Lu, J.Y; Wilson, C.L; Igwegbe, E.C.K; Kabwe, M.K; Chalutz, E y Droby, S. 1998b. Application of hormetic UV-C for delayed ripening and reduction of *Rhizopus* soft rot in tomatoes: the effect of tomatine on storage rot development. *J. Phytopathol*. 146:211-221.
- Strange, R.R. y Eckert, J.W. 1994. Influence of post-harvest handling and surfactants on control of green mould of lemons by curing. *Phytopathology*. 84: 612-616.
- Ukuku, D.O. 2004. Effect of hydrogen peroxide treatment on microbial quality and appearance of whole and fresh-cut melons contaminated with *Salmonella* spp. *International Journal Food Microbiology*. 95(2):137-146.
- Winniczuk, P.P. 1994. Effects of sanitizing compounds on the microflora of orange fruit surfaces and orange juice [M.S.]. Gainesville (FL): Univ of Florida Graduate School.
- Wu, F.M; Doyle, M.P; Beuchat, L.R; Wells, J.G; Mintz, E.D y Swaminathan, B. 2000. Fate of *Shigella sonnei* on parsley and methods of disinfection. *Journal Food Protection* 63: 568-72.
- Xu-Liangji. 2008. Uso de Ozono para Mejorar la Seguridad de Frutas y Vegetales Frescos in Mundo alimentario: Tecnología. p 7-13.

- Zhang, J y Swingle, P.P. 2005. Effects of curing on green mold and stem-end rot of citrus fruit and its potential application under Florida packing system. *Plant Disease*.89 (8):834-840.
- Zhang, S y Farber, J.M. 1996.The effects of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetables. *Food Microbiology* 13:311-21.