

Para asegurar la calidad e inocuidad de frutas y hortalizas hay que minimizar la contaminación de los productos con microorganismos patógenos que puedan afectar la salud del consumidor.

Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas

GABRIELA GARMENDIA
Y SILVANA VERO

Cátedra de Microbiología. Facultad de Química. UDELAR. svero@fq.edu.uy

Introducción

La contaminación superficial de frutas y hortalizas varía en número y tipo, dependiendo del producto y del manejo, previo y posterior a la cosecha, que dicho producto haya recibido. Por ejemplo, en trabajos previos se ha determinado que la flora superficial de manzanas recién cosechadas es del orden de 106 microorganismos por fruto. Sin embargo, este número se eleva a valores de hasta 108 por fruto en el caso de manzanas transportadas a granel para uso industrial.

Muchos de estos microorganismos están asociados a partículas de tierra u otro tipo de suciedad adherida a la fruta, en cuyo caso la remoción es relativamente sencilla. Sin embargo existe flora asociada cuya remoción es difícil ya que se encuentran formando biofilms superficiales o están ocupando lugares poco accesibles como aberturas naturales o heridas.

Para asegurar la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas es necesario minimizar la contaminación de los productos con microorganismos patógenos que puedan afectar la salud del consumidor. A su vez, es de suma importancia, reducir al máximo el inóculo de patógenos vegetales que puedan afectar la calidad del producto durante el almacenamiento poscosecha.

Existen varios métodos para reducir la flora superficial de frutas y hortalizas. Cada método tiene ventajas y desventajas dependiendo del tipo de producto y del proceso.

En general los métodos utilizados se basan en procesos físicos

y/o químicos. Entre los métodos físicos podemos mencionar la remoción mecánica, los tratamientos térmicos, y la irradiación. Los métodos químicos involucran el uso de agentes químicos como desinfectantes superficiales. En general estos desinfectantes químicos se utilizan en soluciones acuosas, sin embargo existen algunos casos de desinfectantes gaseosos.

Cuando se evalúa la acción de un método desinfectante en general se determina la reducción de la carga microbiana alcanzada con el tratamiento. Esta reducción se puede expresar en porcentaje, en órdenes o unidades logarítmicas (log). Por ejemplo si la carga inicial de una fruta se expresa como 106 microorganismos/cm², una reducción de 2 órdenes significa que luego del tratamiento la carga remanente es de 104 microorganismos/cm², lo cual corresponde a un 99% de reducción de la carga. Si la reducción es del 99,9% significa que la flora microbiana superficial bajó 3 órdenes y por lo tanto la carga microbiana remanente es de 103 microorganismos/cm². Es importante tener esto en cuenta a la hora de elegir un desinfectante. Si la carga inicial del producto es alta por ejemplo 1.000.000 de microorganismos por cm², un desinfectante que baje esta carga un 90% dejará una carga remanente de 100.000 microorganismos/cm².

Tratamientos térmicos

Los tratamientos térmicos incluyen el curado e inmersión en agua caliente.

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 por ejemplo moho verde en citrus (Strange y Eckert, 1994). Según Plaza y colaboradores (2003) un período de 65 horas a 33°C para naranjas Salustiana controla eficazmente el desarrollo de moho verde en fruta inoculada.

Las investigaciones de Zhang y colaboradores (2005) demuestran que un curado de 48 horas a 35°C y 96% de humedad relativa son suficientes para controlar el desarrollo de *P. 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: a) inhibición de la germinación de las esporas fúngicas debido al tratamiento b) producción de lignina en las heridas y curado de las mismas c) producción de fitoalexinas en las heridas.

Reafirmando este concepto, trabajos como el de Fallik y colaboradores (1996) y el de Leventz y colaboradores (2003) demuestran un efecto benéfico en el control de *P. expansum* en manzanas al almacenar la fruta a 38 °C por 96 horas. Concluyen que se trata de tratamientos con efecto curativo debido no solamente a la inhibición de la germinación del patógeno.

Inmersión en agua caliente: El tratamiento térmico por inmer-

sión en agua caliente es otro método físico utilizado para lograr una sanitización superficial en vegetales. En general se trata de procesos cortos en los que los productos son tratados con agua caliente a temperaturas entre 50-70°C, dependiendo del producto a tratar.

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

Por su parte, Fallik y colaboradores (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).

En este ensayo se conjugan dos métodos físicos de control, la remoción mecánica utilizando cepillos y el tratamiento con agua caliente. En este tipo de tratamiento, es de suma importancia controlar estrictamente las condiciones (temperatura y tiempo) y adecuarlas al producto a tratar, de forma de minimizar los posibles cambios adversos en la textura y color.

Otro factor a considerar es la calidad del agua utilizada. Si bien el gradiente de temperaturas entre el agua de tratamiento y el producto a tratar es tal que no se produce infiltración de contaminantes presentes en el agua de lavado dentro del producto, es importante que el tratamiento se realice con agua que cumpla con los requisitos de potabilidad.

Agentes desinfectantes

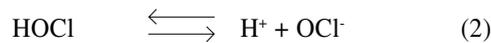
Los tratamientos con agentes desinfectantes se hacen en solución acuosa por inmersión o aspersión. El alcance del tratamiento depende del compuesto desinfectante y de los microorganismos que se quiera eliminar. Su eficacia varía con la concentración del agente, y en mayor o menor medida con la temperatura,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

Dentro de los agentes desinfectantes utilizados para tratar frutas y hortalizas se encuentran: compuestos halogenados, ácidos, amonio cuaternarios y compuestos de oxígeno activo.

Compuestos clorados

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 desinfección de superficies en 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).



■ **Los métodos para la desinfección de frutas y hortalizas se basan en procesos físicos y/o químicos. Entre los físicos podemos mencionar la remoción mecánica, tratamientos térmicos e irradiación. Los químicos involucran el uso de agentes químicos como desinfectantes superficiales**

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 equilibrio entre estas sustancias químicas depende del pH. Al descender el pH, el equilibrio (2) se desplaza hacia la forma no disociada, o sea el ácido hipocloroso predomina por lo que la acción antimicrobiana es mayor. Los porcentajes de ácido hipocloroso a pH 6 y 8 son de 97 y 23% respectivamente. Sin embargo a pH más bajos el equilibrio de la reacción (1) se desplaza a la formación de cloro gas el cual se libera pudiendo producir intoxicaciones en los aplicadores. Por lo tanto, el pH es un factor de suma importancia a tener en cuenta en las soluciones de cloro. Utilizando soluciones de pH 6 se logra conseguir alta efectividad y estabilidad.

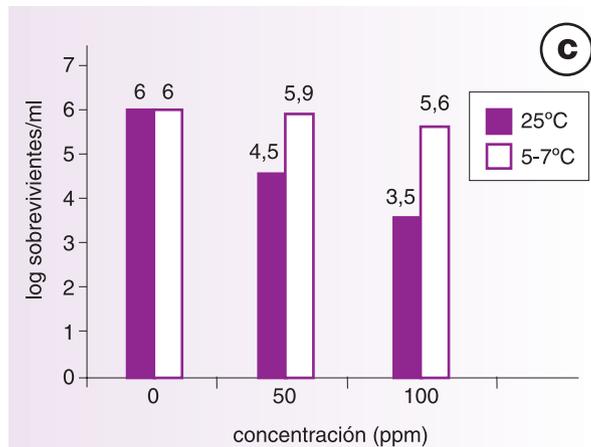
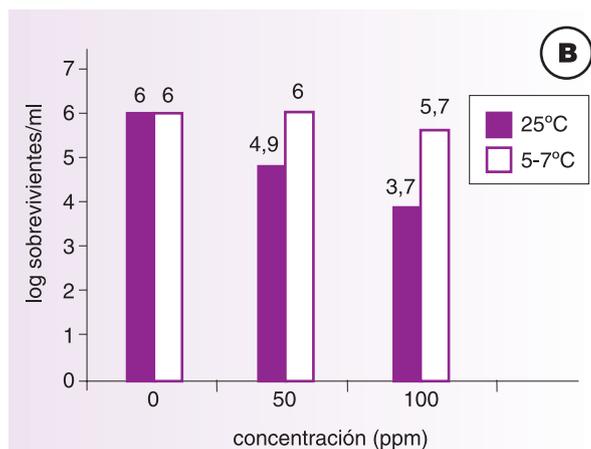
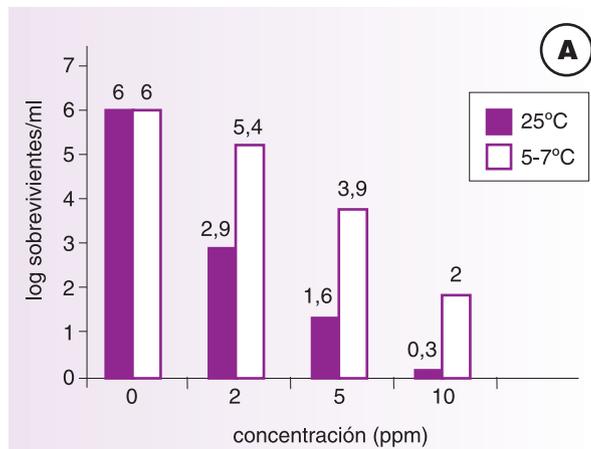
El modo de acción del ácido hipocloroso se basa en su capacidad oxidante. Es altamente reactivo en presencia de materia orgánica, reaccionando con muchos grupos funcionales oxidándolos. Su capacidad de destruir microorganismos depende de la cantidad de cloro residual libre, es decir el ácido hipocloroso 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

Figura 1:

Logaritmo de la concentración de esporas sobrevivientes luego de 30 segundos de contacto con soluciones de diferentes concentración de diferentes desinfectantes, a 25°C y 5-7°C.

La figura 1A muestra la acción del dióxido de cloro, la figura 1B corresponde al ácido peracético y la figura 1C al hipoclorito de sodio.



y el tracto respiratorio. Según la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de EEUU (OSHA) el límite de exposición para trabajadores es de 1ppm en aire y se recomienda no más de 0.5 ppm en aire en jornadas de 10 horas durante semanas de trabajo de 40 horas (OSHA). A su vez, la posible formación de compuestos organoclorados durante el tratamiento de fruta y hortalizas con cloro también es un peligro potencial para estos operarios.

El efecto de soluciones de hipoclorito sobre microorganismos en la superficie de frutas y hortalizas está bien documentado. En general se utiliza en concentraciones entre 50 y 200 ppm durante 1 ó 2 minutos (FDA, 2001). Las máximas reducciones alcanzadas son de aproximadamente 2 órdenes, siendo en muchos casos similares a las alcanzadas por tratamiento con agua. Por ejemplo, Pao y Davis (1999) demostraron que la cantidad de *Escherichia coli* inoculada en superficie de naranjas se reducía 2 órdenes/cm² luego de la inmersión en solución de 200ppm de cloro por 8 minutos, siendo esta reducción apenas superior a la alcanzada por inmersión en agua. En esta misma línea, Winniczuk (1994) demostró que la inmersión de naranjas en soluciones de 1000 ppm de ácido hipocloroso por 15 segundos lograba una reducción del 90% de la flora superficial en comparación con el 60% lograda por inmersión en agua.

Sin embargo existen trabajos que muestran reducciones mayores, tales como el de Wu y colaboradores (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 250ppm de cloro libre durante 5 minutos.

Dióxido de cloro

Su eficacia depende mucho menos del pH y el contenido de materia orgánica que la acción del ácido hipocloroso o del cloro. 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. Debe tenerse en cuenta que el dióxido de cloro a concentraciones por encima de 10% es explosivo, por lo que debido a esto y a su alta reactividad no puede ser trasladado en forma concentrada. En general se utilizan generadores in situ.

Los principales productos de reacción frente a la materia orgánica son cloritos y cloratos, no formándose trihalometanos como en el caso del ácido hipocloroso (Dychdala, 1991).

El uso de dióxido de cloro como agente desinfectante de frutas y hortalizas no está tan estudiado como el uso del hipoclorito. En general las concentraciones efectivas de dióxido de cloro son bastante menores que las correspondientes de hipoclorito.

Rodgers y colaboradores (2004) determinaron la eficacia in vitro de dióxido de cloro (3 y 5ppm) sobre *Escherichia coli* O157:H7 y *Listeria monocytogenes*. En las condiciones del ensayo ambos patógenos fueron disminuidos en aproximadamente 5 órdenes en 19 a 21seg. Con respecto a su uso frutas y hortalizas, Zhang y Faber (1996) demostraron que cuando se inoculan hojas de lechuga con *Listeria monocytogenes* y luego se sumergen en solución de dióxido de cloro 5 ppm por 10 minutos la reducción de la carga es 1.1 órdenes mayor que la obtenida por tratamiento con agua.

Singh y colaboradores (2002) también observaron una reducción de aproximadamente 1.5 órdenes en la carga de *Escherichia coli* O157:H7 inoculada sobre hojas de lechuga luego de 10 minutos de inmersión en una solución de 10 ppm de dióxido de cloro, comparado con una reducción de 1 orden cuando la muestra era tratada en agua.

Según FDA (2001) las concentraciones no deben superar los 5 ppm para el tratamiento de frutas y hortalizas sin pelar. A su vez, el límite de exposición de

trabajadores en EEUU es de 0.1 ppm en aire según OSHA.

Algunas formulaciones comerciales contienen lo que se conoce como "dióxido de cloro estabilizado".

En realidad se trata de soluciones de clorito de sodio buffereadas con bicarbonato o fosfatos, los cuales manteniendo un pH alto estabilizan el clorito de sodio. El poder oxidante del clorito de sodio es mucho menor que el del dióxido de cloro y por lo tanto su acción antimicrobiana también es mucho menor.

Sin embargo, llevando la solución a pH ácido, se forma dióxido de cloro a partir del clorito en solución. El uso del clorito acidificado, en concentraciones entre 500 y 1200 ppm, ha sido aprobado como sanitizante de frutas y verduras por la FDA de Estados Unidos (Parish et al., 2003). Se aprueba su uso en conjunto con ácidos reconocidos como seguros (GRAS), tanto para baño como para aplicación por aspersión (CFR, 2000).

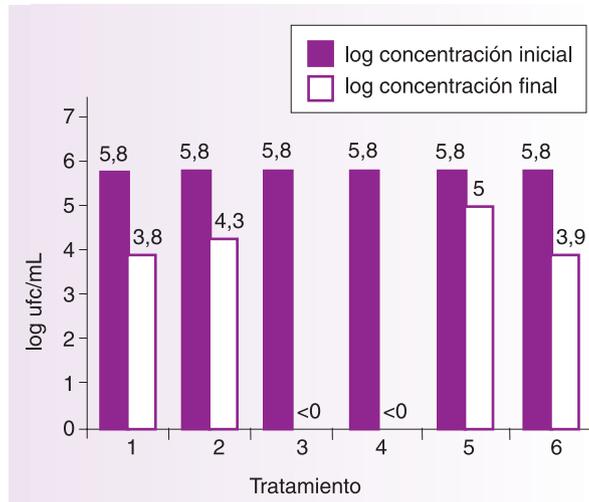
Compuestos amónicos cuaternarios (Quats)

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. En el caso de alimentos la FDA no aprueba su uso, a menos que el producto sea pelado antes de su consumo (FDA, 2001).

Presentan algunas ventajas sobre otros desinfectantes, ya que no son corrosivos y son estables a altas temperaturas. Sin embargo su espectro de acción antimicrobiana es menor que la de los sanitizantes clorados. 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.* Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la actividad antimicrobiana varía según el amonio cuaternario utilizado (Marriott, 1999).

Figura 2:

Logaritmo de la concentración de esporas sobrevivientes de *Penicillium expansum* luego de 30 segundos de contacto, a 25°C, con soluciones de diferentes concentración de desinfectantes: dióxido de cloro 2ppm (1), ácido peracético 80 ppm (2), dióxido de cloro 5 ppm (3), peróxido de hidrógeno 3% (4), hipoclorito 100 ppm (5) y 200ppm (6).



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 protante 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.

Los trabajos de Wright y colaboradores (2000) demostraron que si se sumergían manzanas inoculadas con *Escherichia coli* O157:H7 durante 2 minutos en una solución al 5% de ácido acético se lograba una disminución de 3 órdenes en la carga superficial

de esta bacteria. Otros estudios como el de Torriani y colaboradores (1997) demostraron que los coliformes se reducían 2 órdenes cuando se trataba una mezcla de vegetales con ácido láctico al 1%.

El trabajo de Nascimento y colaboradores (2003) demostró que el efecto de un tratamiento de 15 minutos con hipoclorito 200 ppm 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.

Compuestos alcalinos

Fosfato trisódico (FTS) y bicarbonato de sodio

Existen varios ejemplos del uso de fosfato trisódico como agente desinfectante. Rodgers y colaboradores (2004) determinaron la eficacia in vitro de FTS (100 y 200ppm) sobre *Escherichia coli* O157:H7 y *Listeria monocytogenes*. En las condiciones del ensayo la carga de ambos patógenos disminuyó en aproximadamente 5 órdenes en 27 segundos. Por su parte, Liao y Sapers (2000) demostraron que si se trataban discos de manzana inoculados con *Salmonella* durante 5 minutos con una solución de FTS al 2% la carga se reducía en 1 orden. Por otro lado, la población de *Salmonella montevideo* 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

El uso de dióxido de cloro como agente desinfectante de frutas y hortalizas no está tan estudiado como el uso del hipoclorito. En general las concentraciones efectivas de dióxido de cloro son bastante menores que las correspondientes de hipoclorito

FTS como agentes desinfectantes en condiciones comerciales. Se han utilizado como primer lavado en packing de citrus (FDA, 2001).

La acción de TSP es muy dependiente del pH de la solución de TSP a utilizar. Sampathkumar y colaboradores (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 et al., 1999).

El elevado pH de las soluciones de estos compuestos y las restricciones con respecto a la descarga ambiental de fosfatos, pueden ser factores limitantes para el uso a gran escala de estas sustancias.

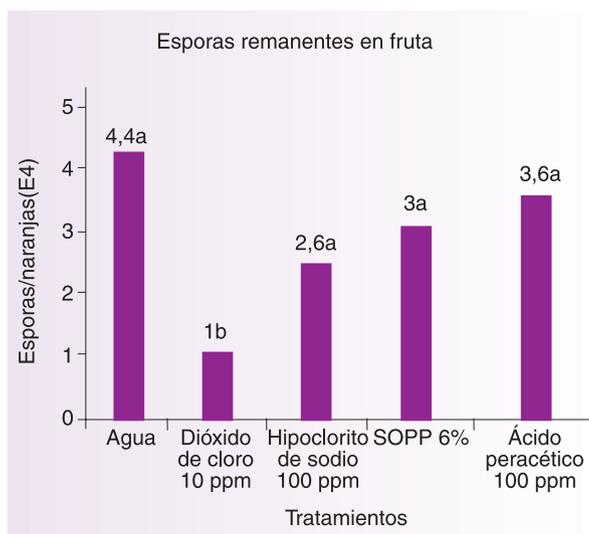
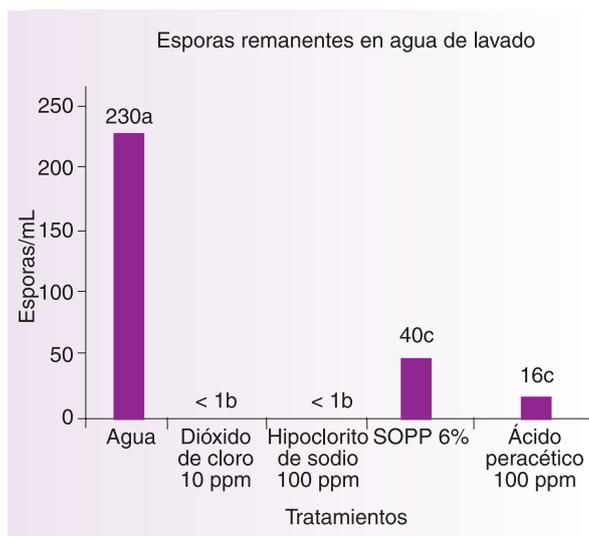
Compuestos del oxígeno activo

Peróxido de hidrógeno

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

Figura 3:

Concentración de esporas en agua de lavado y sobre fruta luego de tratamiento con desinfectantes. Letras diferentes indican tratamientos significativamente diferentes con una probabilidad del 95%.



Los trabajos de Wright y colaboradores demostraron que si se sumergían manzanas inoculadas con *Escherichia coli* O157:H7 durante 2 minutos en una solución al 5% de ácido acético se lograba una disminución de 3 órdenes en la carga superficial de esta bacteria

ADN, lípidos de membrana y otros componentes celulares esenciales (Block, 1991).

Existen trabajos demostrando su acción antimicrobiana sobre frutas y hortalizas. Ukuku (2004) demostró que el tratamiento de 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.

Los trabajos de Sapers (2001) demostraron que soluciones de peróxido de hidrógeno al 1% eran capaces de reducir la población de *E. coli* en la superficie de manzanas inoculadas igual o mejor que 200 ppm de hipoclorito, llegando a una reducción de hasta 3 órdenes.

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)

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.

Los productos de reacción con materia orgánica son ácido acético y oxígeno, los cuales no son tóxicos. Su actividad depende del pH, siendo más activo a pHs 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.

Rodgers y colaboradores (2004) determinaron la eficacia in vitro de ácido peracético (80ppm) sobre *Escherichia coli* O157:H7 y *Listeria monocytogenes*. En las condiciones del ensayo ambos patógenos fueron disminuidos en aproximadamente 5 órdenes, en 70 a 75 seg. Su uso como desinfectante de frutas y hortalizas está documentado en varios trabajos. Por ejemplo Wright y colaboradores encontraron que la carga de manzana inoculadas con *Esche-*

richia coli O157:H7 bajaba 2 órdenes cuando se trataba con ácido peracético 80 ppm.

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.

La FDA (2001) aprueba su uso para la desinfección directa de frutas y hortalizas. La concentración recomendada es de 40-80 ppm.

Ozono

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. Es poco soluble en agua lográndose soluciones de hasta 10µg/ml. Sin embargo en soluciones por encima de 1µg/ml se libera ozono al

aire por encima de los niveles de seguridad dados por OSHA (máxima concentración en lugar de trabajo=0.1 ppm).

Al reaccionar se descompone en oxígeno sin dejar otro tipo de residuos (Smilanick et al., 1999).

Se ha demostrado su actividad en agua contra bacterias, virus, hongos y protozoarios. Su poder antimicrobiano se basa en su capacidad oxidativa. Sin embargo Sarig y colaboradores (1992) de-

mostraron que el ozono podía controlar el desarrollo de *Rhizopus stolonifer* en uvas de mesa y que su efecto no era solamente antimicrobiano, sino que además inducía la formación de fitoalexinas en los frutos tratados. Por su parte, Rodgers y colaboradores (2004) determinaron la eficacia in vitro de ozono 3ppm *Escherichia coli* O157:H7 y *Listeria monocytogenes*. En las condiciones del ensayo la concentración de ambos patógenos disminuyó en aproximadamente 5 órdenes en 15 seg.

El ozono ha demostrado ser muy eficaz en eliminar esporas de hongos presentes en el agua de lavado de frutas. Smilanick y colaboradores (1999) demostraron que un tiempo de contacto de 2 minutos en una solución de ozono de 1.5 µg/ml era capaz de eliminar entre el 95 y el 100% de esporas de varias especies fúngicas (*P. digitatum*, *P. italicum*, *P. expansum*).

El cloro es el desinfectante más utilizado en la industria alimentaria. Debido a su bajo costo, se ha utilizado ampliamente para desinfección de superficies en contacto con alimentos y también para reducir la carga microbiana del agua utilizada en diferentes operaciones

INVERCA
TECNOLOGÍA
PRODUCTIVA

INVERCA
GRUPO INVERCA

INVERNADEROS Y TECNOLOGÍA, S.A.
INVERNADEROS DE CASTELLÓN, S.A.
Pol. "El Serrallo", Ctra. Grao-Almazora, Km 1,5
12100 GRAO DE CASTELLÓN (ESPAÑA)
Tel. 0034 964 28 22 32
Fax 0034 964 28 24 40
e-mail: inverca@inverca.es
<http://www.inverca.es>

LA CALIDAD Y EL DISEÑO DISTINGUEN A LOS INVERNADEROS INVERCA

DISEÑAMOS EL INVERNADERO ADAPTÁNDONOS A LAS NECESIDADES DE SU CULTIVO, CON EL FIN DE QUE OBTENGAN LA MÁXIMA RENTABILIDAD

sum, *Botrytis cinerea*).

Sin embargo, esta efectividad podía disminuir en el caso de existir materia orgánica suspendida en el agua que redujera por reacción la concentración efectiva de ozono. Este mismo trabajo demuestra que las heridas de citrus infectadas con esporas de patógenos no pueden ser curadas por un tratamiento de la fruta con ozono (12 µg/ml de ozono por 5 minutos a 20°C) y que la disminución de la carga de *Botrytis cinerea* en uvas inoculadas superficialmente y tratadas con 10 µg/ml de ozono por 1 a 4 minutos, era de alrededor del 50%.

Pero la disminución de la flora superficial de frutillas sumergidas por 2 minutos en 4 µg/ml de ozono fue de alrededor de 92% para bacterias y 91% para hongos. Otros trabajos como el de Kim y colaboradores (1999) demostraron una disminución de 2 órdenes en lechuga suspendida en agua ozonizada con 1.3 mM de ozono a un flujo de 0.5 L/min.

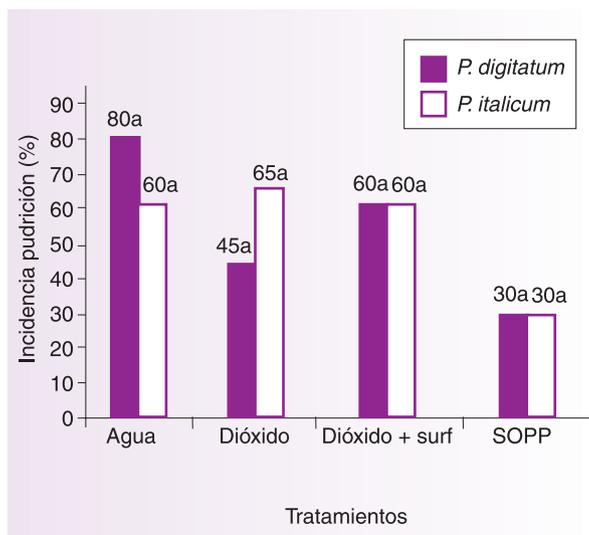
El ozono en forma gaseosa ha sido utilizado en cámaras de almacenamiento poscosecha de frutas. Se necesitan concentraciones por encima de las 0.1 ppm para que su acción antimicrobiana sea efectiva, por lo cual se deben tomar medidas para evitar daños en la salud de los trabajadores. El ozono en estas condiciones reacciona con el etileno, con lo cual se elimina este gas de la atmósfera de incubación, retardando la maduración (Beuchat, 1998).

Efectividad de los distintos tratamientos sobre la desinfección de frutas y hortalizas

En la mayoría de los casos discutidos, la reducción de la carga microbiana lograda sobre frutas y hortalizas, no supera el 90 o el 99%. Esto significa que si una fruta con una carga microbiana de 106 microorganismos por fruto es sometida a un tratamiento de 90% de efectividad, la carga posterior al tratamiento será de 105 microorganismos por fruto. Por lo tan-

Figura 4:

Incidencia de pudrición en heridas inoculadas con *P. digitatum* y *P. italicum* luego de tratamiento con desinfectantes. Letras diferentes indican tratamientos significativamente diferentes.



to, se debe tener en cuenta que la mejor forma de lograr un producto con baja carga microbiana es evitar que el mismo se contamine, siguiendo buenas prácticas agrícolas previo y posterior a la cosecha y no depender de medidas correctivas de descontaminación.

Sin embargo es de suma importancia el uso de agentes desinfectantes en el agua de lavado de las frutas y hortalizas ya que además de conseguir una reducción de la carga superficial, logra evitar la contaminación cruzada. Los agentes desinfectantes mencionados anteriormente tienen gran efectividad en reducir la carga microbiana en suspensión en agua.

De esta forma la flora removida de los productos por acción mecánica es destruida en contacto con el desinfectante, evitando que otro producto se contamine.

La baja efectividad de los agentes desinfectantes sobre fruta y hortalizas, se debe en gran parte a la inaccesibilidad del agente al sitio donde se encuentran los microorganismos. Los microorganismos contaminantes pueden estar en la superficie de la fruta o también pueden alojarse en heridas o aberturas naturales de difícil acceso. En algunos casos pueden acceder al interior de la fruta debido a una infiltración producida por gradiente de temperatura en un primer lavado. La inmersión de un producto en una solución cuya temperatura sea unos 10 a 15°C menor, provoca infiltración de la solución (incluyendo microorganismos presentes) en el producto. Por ello es de suma importancia que el agua utilizada en el enfriado de frutas y hortalizas sea potable.

Otra causa de la baja efectividad de los agentes desinfectantes puede deberse a la formación de biofilms por parte de los microorganismos contaminantes. Estos biofilms están constituidos por polisacáridos en los cuales están inmersos los microorganismos que los produjeron, lo cual dificulta la acción de los desinfectantes.

Algunos investigadores sugieren que la desinfección sobre frutas u hortalizas podría beneficiarse con el uso de agentes tensoactivos, de forma de favorecer la llegada de los agentes desinfectantes a sitios poco accesibles.

Experiencia en el tema

Nuestro equipo de trabajo ha comenzado a estudiar la acción de diferentes desinfectantes sobre hongos patógenos de fruta en poscosecha.

Como primer paso, se ensayó la actividad in vitro y sobre fruta de diferentes desinfectantes sobre patógenos poscosecha de citrus (*P. italicum* y *P. digitatum*) y de manzana (*P. expansum*). Los desinfectantes ensayados fueron dió-

Algunos investigadores sugieren que la desinfección sobre frutas u hortalizas podría beneficiarse con el uso de agentes tensoactivos, de forma de favorecer la llegada de los agentes desinfectantes a sitios poco accesibles

xido de cloro, hipoclorito de sodio, ácido peracético y peróxido de hidrógeno. En primer lugar se realizaron ensayos in vitro, los cuales consistieron en poner en contacto una suspensión de esporas, de concentración conocida, de cada patógeno, con los diferentes desinfectantes durante 30 segundos. Transcurrido ese tiempo, se realizó un recuento de los microorganismos sobrevivientes.

El tiempo de contacto entre desinfectantes y esporas fúngicas se eligió en base a ensayos previos en los cuales se constató que luego de 30 segundos, el dióxido de cloro 10 ppm ya no reduce significativamente la carga microbiana residual, a pesar de mantener su concentración constante. Esto significa que un tiempo mayor de contacto no modifica significativamente la actividad desinfectante.

Se determinó la influencia de la concentración del agente

desinfectante y de la temperatura del tratamiento en la actividad de cada producto sobre conidias de *P. italicum*. La Figura 1 muestra el número de conidias sobrevivientes luego de 30 segundos de contacto con el desinfectante a la concentración y temperatura señalada. Es importante destacar que la acción del dióxido de cloro 2ppm es similar a la del hipoclorito de sodio y ácido peracético

■ **En el futuro se estudiará el efecto de tratamientos térmicos por inmersión en agua caliente y curado tanto en naranjas como en manzanas, en busca de la mejor estrategia para impedir el desarrollo de enfermedades fúngicas durante el almacenamiento en poscosecha**

100ppm a las dos temperaturas ensayadas.

La temperatura afecta la actividad de todos los desinfectantes. A 25°C la actividad de todos los desinfectantes es sensiblemente mayor que a 5-7°C. Es importante tener en cuenta esta disminución de actividad al realizar el baño desinfectante, en especial en aquellos casos en los que la cosecha y el tratamiento se realiza en invierno.

La Figura 2 muestra la efectividad de diferentes desinfectantes sobre conidias de *P. expansum* luego de 30 segundos de contacto a 25 °C y a pH=6. Se puede ver que los agentes con mayor actividad resultaron el dióxido de cloro 5ppm y el peróxido de hidrógeno 3%, mientras que al igual que en el caso de *P. italicum*, el ácido peracético 80 ppm y el dióxido de cloro 2ppm tuvieron la misma efectividad que el hipoclorito de sodio a 100 ppm.

The world of fresh produce

FRUIT LOGISTICA
Berlín, 8-10 de febrero de 2007

Feria internacional para el marketing de frutas y hortalizas
www.fruitlogistica.com

FRUCHTHANDEL
MAGAZIN

Brifer Services, S.L. • Arturo Soria, 316 • 28033 Madrid
Tel +34-91-767 27 67 • Fax +34-91-766 99 32
www.fruitlogistica.com • bseligmann@brifer.com

 **Messe Berlin**

Luego de ensayos in vitro, se determinó la actividad de los desinfectantes sobre fruta inoculada superficialmente con *P. italicum* (Figura 3).

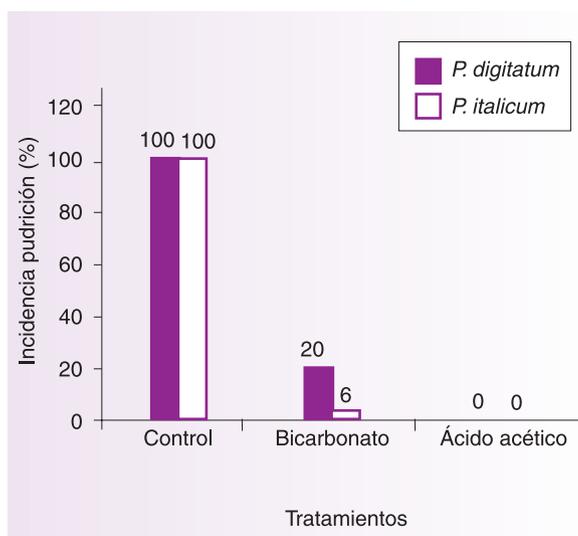
Para realizar este ensayo, la fruta se contaminó superficialmente mediante baños, con una cantidad determinada de esporas de *Penicillium italicum*. Después de seca, la fruta se sometió a los distintos tratamientos que implicaron baños con los distintos desinfectantes, incluyendo un tratamiento control en el cual la fruta fue sumergida en agua estéril. Los baños se realizaron en agitador a 70 rpm simulando el movimiento en la línea de packing. Se cuantificó la cantidad de esporas remanente en cada uno de los baños, y se determinó la flora superficial remanente de cada fruta.

La Figura 3 muestra que las esporas removidas mecánicamente de la fruta por acción de la agitación (esporas remanentes en el agua de lavado), mueren en contacto con los distintos desinfectantes. Se puede apreciar que hay una disminución significativa de las esporas vivas en los baños de los diferentes tratamientos comparados con el tratamiento control (Agua). Sin embargo, un alto porcentaje de esporas continúan vivas y adheridas a la superficie de la fruta, luego de los baños con diferentes desinfectantes (esporas remanentes en la fruta, Fig. 3B). Solamente se detectó una pequeña, pero significativa reducción de las esporas adheridas a la superficie cuando la fruta fue tratada con dióxido de cloro. Como resultado de este ensayo puede destacarse que todos los desinfectantes presentan actividad fungicida sobre esporas mecánicamente removidas de la superficie de la fruta a la solución de lavado, pero la actividad es baja o nula en lo que respecta a la flora adherida a la fruta.

Se determinó además el efecto de la desinfección superficial utilizando dióxido de cloro, el agente desinfectante que resultó más efectivo en ensayos in vitro contra *P. italicum*. Doscien-

Figura 5:

Incidencia de pudrición en heridas inoculadas con *P. digitatum* y *P. italicum* luego de tratamiento con ácido acético o bicarbonato de sodio.



tos cincuenta naranjas Washington Navel se sumergieron por 3 minutos en una solución de dióxido de cloro 10 ppm y otras 250 fueron sumergidas en agua (control) por el mismo tiempo.

Se dejó secar la fruta a temperatura ambiente y se realizó un recuento de la flora mesófila (bacterias y hongos) superficial en ambos casos, sobre diez frutas de cada tratamiento. Se determinó que la carga superficial había disminuido un orden en la fruta tratada con respecto a control. Las naranjas restantes se almacenaron a 5°C durante un mes. Luego de ese período se determinó en el número de fruta atacada por hon-

gos. De las 240 frutas control, 7 presentaron evidencia de pudriciones ocasionadas por hongos mientras que ninguna de las tratadas con dióxido de cloro fue atacada.

Se estudió entonces, la capacidad curativa de los desinfectantes sobre heridas contaminadas artificialmente.

Para este estudio, la fruta fue superficialmente desinfectada con etanol al 70 %, y luego se realizaron 5 heridas por fruta, siendo cada herida inoculada con una suspensión de patógeno. La mitad de las frutas se inocularon con *P. italicum* y las restantes con *P. digitatum*. Las frutas así inoculadas fueron sumergidas durante un minuto en las distintas soluciones de desinfectantes. Se realizaron 25 repeticiones por tratamiento. A su vez se realizaron controles sumergiendo la fruta inoculada en agua. Luego del tratamiento las frutas se colocaron en cajas y se almacenaron en cámara a 5°C durante un mes. Transcurrido ese tiempo se determinó la incidencia de pudrición tanto en heridas tratadas como en heridas control. La figura 4 muestra el resultado de este ensayo.

Se constató que el lavado con los distintos desinfectantes no evitaba el desarrollo de pudriciones en las heridas inoculadas, salvo en el caso del SOPP. Esto podría deberse al efecto cicatrizante del SOPP sobre heridas en fruta, observado por algunos técnicos (Ing. Agr. Federico Montes, com. pers.).

Se determinó el efecto curativo de sustancias naturales como el bicarbonato de sodio y ácido acético sobre heridas inoculadas con esporas de *Penicillium*. Para este estudio, se mantuvo la metodología descrita anteriormente con la diferencia de que las frutas fueron sumergidas en una solución al 3 % de bicarbonato de sodio o en una solución al 4 % en ácido acético (concentración en vinagre).

La figura 5 muestra el resultado de este ensayo.

Se puede observar que la pu-

La temperatura afecta la actividad de todos los desinfectantes. Ésta es sensiblemente mayor a 25°C que a 5-7°C. Es importante tener en cuenta esta disminución de actividad al realizar el baño desinfectante, en especial cuando el tratamiento se realiza en invierno



Aspecto de una fruta tratada y un control tras un mes de almacenamiento.

drición fue significativamente disminuida con el uso de ambas sustancias naturales.

La foto muestra el aspecto de una fruta tratada y un control luego del mes de almacenamiento.

El ácido acético resultó muy bueno controlando la pudrición, pero la cáscara de la naranja que rodea las heridas fue afectada. Se generó un área marrón alrededor de las heridas, por lo que es necesario realizar nuevos ensayos utilizando menor concentración de ácido acético.

Los resultados fueron muy alentadores e indicaron que ambas

El ozono ha demostrado ser muy eficaz en eliminar esporas de hongos presentes en el agua de lavado de frutas. Smilanick y colaboradores demostraron que 2 minutos en una solución de ozono de 1.5 µg/ml era capaz de eliminar entre el 95 y el 100% de esporas de varias especies fúngicas

sustancias naturales pueden tener efecto curativo sobre heridas cuya contaminación haya sido previa al almacenamiento. También se observó un efecto cicatrizante sobre las heridas, como en el caso del SOPP.

En el futuro se continuará este estudio para determinar el efecto de los distintos desinfectantes sobre manzana. Se estudiará además el efecto de tratamientos térmicos por inmersión en agua caliente y curado tanto en naranjas como en manzanas, en busca de la mejor estrategia para impedir el desarrollo de enfermedades fúngicas durante el almacenamiento en poscosecha.

Bibliografía

■ La bibliografía completa en www.horticom.com?65406



ONDINE®
 ø 26 cm-6L
 (Roma reserva de agua)
 Decor Roma, versión brillante
 Echador
 Boca de llenado de agua



NUEVO

6 L de sustrato
 2 L de reserva de agua



La subida del agua por capilaridad a escoger entre 2 modalidades:

- por una mecha conductora de la humedad
- por el sustrato: 3 patas rellenas de sustrato en contacto con el depósito de agua

Posibilidad de colgar

Colores : beige, verde pino

Apdo 131- 08400 Granollers (Barcelona)
 Tel : 93 849 67 05 - Fax : 93 849 34 44 - E-mail : info@plasticosodena.com

PEDIDO DE MUESTRAS

Sr/Sra

Producciones

Dirección

.....

Tel.

Fax

E-mail

Desea recibir una muestra de ondine®

Beige

Verde pino