

## **SECCIÓN III**

# **GOOD MANUFACTURING PRACTICES (GMPS) - BUENAS PRÁCTICAS PARA LA MANIPULACIÓN, EMBALAJE, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE PRODUCTOS FRESCOS**



Copyright © 2002 University of Maryland. This work may be reproduced and redistributed, in whole or in part, without alteration and without prior written permission, for nonprofit administrative or educational purposes provided all copies contain the following statement: “© 2002 University of Maryland. This work is reproduced and distributed with the permission of the University of Maryland. No other use is permitted without the express prior written permission of the University of Maryland. For permission, contact JIFSAN, University of Maryland, Symons Hall, College Park, MD 20742

## SECCIÓN III

# GOOD MANUFACTURING PRACTICES (GMPS) - BUENAS PRÁCTICAS PARA LA MANIPULACIÓN, EMBALAJE, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE PRODUCTOS FRESCOS

### Introducción\*

El objetivo de las Buenas Prácticas de Fabricación (GMPs) consiste en reducir el riesgo de contaminación de los productos frescos durante la manipulación, embalaje, almacenamiento y transporte. En esta sección, los Módulos 1 y 2 proporcionan información acerca de las medidas para prevenir y reducir la contaminación en las superficies de los productos mediante una limpieza adecuada y el uso de desinfectantes y mediante la implementación de otras GMPs durante el embalaje, almacenamiento y transporte de los productos. El Módulo 3 comenta las medidas para limpiar y desinfectar el equipo que entra en contacto con los productos frescos.

### Módulo 1 Limpieza y Tratamiento de Productos

---

#### Resultados del Aprendizaje

- *Los participantes deben conocer los procedimientos de limpieza recomendados para los productos agrícolas frescos.*
- *Los participantes deben entender las consideraciones de seguridad para el agua utilizada en operaciones de limpieza de productos.*
- *Los participantes deben estar familiarizados con el uso de agentes desinfectantes y nuevas tecnologías para reducir los niveles de contaminación microbiana en los productos frescos.*

#### Práctica

- *Experimento / Demostración: El Agua como Agente Contaminante*
- *Experimento / Demostración: Concentración Cloro y Manejo de Calidad del Agua*

---

\* Sección elaborada por: Carmen Hernández-Brenes, Ph.D., ITESM-Campus Monterrey, México

Este Módulo se centra en la limpieza y tratamiento de los productos con agentes desinfectantes para reducir la contaminación. No obstante, es importante destacar que una vez el producto está contaminado con patógenos humanos, actualmente no se dispone de agentes o procesos, salvo el cocinado, que puedan garantizar la completa eliminación de los patógenos. Ésta es la razón por la que es tan importante prevenir la contaminación en primer lugar. Los microbios se encuentran en cualquier lugar en el entorno de crecimiento de los productos. Incluso aunque se hayan implantado y se apliquen concienzudamente buenas prácticas agrícolas, es inevitable que las frutas y hortalizas frescas presenten microorganismos en su superficie.

Como ya se ha comentado, los microorganismos superficiales de los productos frescos varían enormemente y dependen en gran medida del tipo de producto y de las prácticas agrícolas empleadas. La microflora natural de los productos frescos incluye especies de *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, y bacterias del ácido láctico. Esta microflora natural es en su mayor parte inocua. Sin embargo, la tierra, agua, aguas residuales, aire y animales presentes en el campo pueden contaminar las superficies externas de los productos con organismos patogénicos. Los microorganismos provenientes de estas fuentes compiten con la flora natural.

En muchos casos, la proliferación de contaminantes microbiológicos no tiene lugar hasta que las condiciones son las adecuadas. Durante y después de la cosecha se reúne una serie de condiciones que pueden favorecer el crecimiento de los microorganismos. Entre ellas se incluyen la manipulación, contaminación cruzada, abuso de temperatura, y aumentos de las tasas de respiración que conducen a la producción de calor.

La reducción de los patógenos en los productos es importante para reducir las enfermedades transmitidas por los alimentos, reducir la pudrición y mejorar el aspecto y el valor nutritivo. Lavar y desinfectar las frutas y hortalizas es una práctica común para reducir la contaminación superficial. Sin embargo, la aplicación de tales tratamientos depende de la capacidad del producto para tolerar el agua. La vida útil de almacenamiento de algunos productos delicados se reduce si se mojan. Esto es especialmente aplicable para productos con grandes áreas superficiales para la adherencia del agua, como las fresas, otras bayas y uvas. Puede preferirse otro medio de limpieza, el aire, para eliminar el polvo y otros restos de estos productos delicados.

Visual III.1-1

**Se recomienda un procedimiento de cuatro pasos para limpiar frutas y hortalizas**

1. Eliminar la suciedad superficial gruesa mediante limpieza en seco (cepillado o aspiración).
2. Lavado inicial con agua para eliminar la suciedad superficial
3. Lavado con un agente desinfectante (generalmente un agente químico)
4. Enjuague final

Antes del paso de lavado, y con productos que no toleren ser mojados, es fundamental eliminar la suciedad superficial gruesa mediante limpieza en seco, ventiladores de cepillado o aspiración (si el artículo lo tolera físicamente). Los siguientes pasos de lavado reducen la suciedad superficial restante. Un lavado profundo mediante aspersión de agua con cloro múltiples lavados son normalmente más eficaces que un lavado mediante remojo.

El agua utilizada para lavar los productos debe ser potable y carecer de organismos patógenos. Un agua de lavado limpia es crucial, ya que la materia orgánica del agua puede reaccionar con muchos agentes desinfectantes y reducir su eficacia de descontaminación. El lavado inicial para eliminar la suciedad superficial puede realizarse sólo con agua caliente o con agua que contenga detergentes aprobados para los alimentos o sales de permanganato (Beuchat, 1998).

Las características del producto determinarán la selección del equipo de lavado. Las frutas blandas se lavan normalmente en cintas transportadoras que utilizan aspersores de agua. Las frutas más sólidas, como los cítricos, manzanas y peras pueden lavarse en dispositivos giratorios o mediante ducha con agua. Las hortalizas de raíces se limpian normalmente con lavadoras de cepillos, que contienen cepillos giratorios cilíndricos. Los cepillos tienen que limpiarse y desinfectarse a menudo, porque pueden convertirse en vehículo para la propagación de los contaminantes. La limpieza por aire puede ser eficaz para eliminar restos, suciedad suelta o materia extraña de productos muy delicados.

Visual III.1-2

Desinfectar significa tratar los productos limpios mediante un proceso eficaz para destruir o reducir substancialmente las cantidades de microorganismos que implican un riesgo para la salud pública, así como otros microorganismos no deseados, sin afectar negativamente a la calidad del producto o su seguridad para el consumidor.

Después del lavado se realiza un paso de desinfección, generalmente con la aplicación de agentes químicos. Desinfectar significa tratar los productos limpios

mediante un proceso eficaz para destruir o reducir substancialmente las cantidades de microorganismos que implican un riesgo para la salud pública, así como otros microorganismos no deseados, sin afectar negativamente a la calidad del producto o su seguridad para el consumidor (FDA, 1998). Es importante eliminar la suciedad antes de la desinfección, ya que la suciedad puede dificultar el contacto entre el desinfectante y los microorganismos. El agente de desinfección más común es una solución de cloro, pero existen muchos agentes nuevos en el mercado. Más adelante en esta Sección se comentarán con más detalle.

#### Visual III.1-3

- Los desinfectantes actualmente disponibles pueden reducir los contaminantes microbianos, pero no pueden eliminarlos por completo.
- Actualmente se están investigando activamente nuevas tecnologías que pueden reducir aún más y eliminar los patógenos transmitidos por los alimentos de las frutas y hortalizas frescas.

Es importante destacar que los desinfectantes actualmente disponibles sólo pueden reducir los contaminantes microbianos y no pueden garantizar que se eliminen por completo.

Actualmente se están investigando nuevas tecnologías para reducir aún más y eliminar los patógenos de los productos frescos, pero aún no están disponibles.

Con miras a la CALIDAD, una práctica industrial común consiste en lavar y desinfectar los productos en agua fría. Las bajas temperaturas hacen más lenta la tasa de respiración de los productos frescos y retardan los cambios en la textura y otros factores de calidad.

Desde el punto de vista de la SEGURIDAD, el uso de agua fría puede ser un tema importante. Como se comentó en el módulo de enfriamiento (Sección II, Módulo 5), colocar productos tibios en agua fría causa un diferencial de presión. Esto crea un efecto de succión que puede provocar que los contaminantes superficiales o los contaminantes del agua penetren en la pulpa del producto, donde quedan protegidos de posteriores tratamientos de desinfección (Bartz y Showalter, 1981).

Mantener la temperatura del agua 5° C por encima de la temperatura interna del producto ayudará a evitar este efecto de succión (Zhuang et al., 1995). Una precaución adicional sería utilizar un paso de enfriamiento por aire inicial antes del lavado o desinfección para minimizar el diferencial de temperatura entre la pulpa de la fruta y la temperatura del agua. Los productos más densos (por ejemplo las zanahorias) tienen menos probabilidades de experimentar este problema.

Para aquellos productos que no pueden ser expuestos al agua, la prevención de la contaminación es crucial, y GAPs y GMPs constituyen el único modo de controlar los microorganismos en la superficie de los productos frescos. Éste es el caso para algunas bayas y otros productos que no pueden mojarse.

### **Agentes Desinfectantes**

Los agentes desinfectantes deben utilizarse en los productos limpios. Debe eliminarse la suciedad de los productos antes de la aplicación de un agente desinfectante. La suciedad y los restos pueden proteger a los microorganismos frente al contacto con el desinfectante, o reaccionar con el cloro y otros agentes, reduciendo su actividad anti-microbiana. El agua es el medio de limpieza más frecuentemente utilizado para eliminar la suciedad. Esta agua debe estar limpia, ya que las impurezas del agua pueden alterar drásticamente la eficacia de un detergente o un desinfectante. El agua utilizada para la desinfección debe ser potable y carecer de patógenos.

Los agentes desinfectantes son sustancias químicas que pueden destruir o reducir substancialmente las cantidades de microorganismos presentes en el agua de lavado y enfriamiento, reduciendo así la contaminación cruzada. También pueden reducir pero no eliminar los patógenos en la superficie del producto. Los agentes desinfectantes y sustancias químicas no son eficaces si los patógenos se han introducido en el producto.

El alcance de la acción depende del compuesto desinfectante. Su eficacia varía con la concentración, ya que se necesitan menores concentraciones para destruir células vegetativas que para las esporas. La eficacia de cada agente individual está influido por muchos factores, incluyendo la temperatura del agua, pH, tiempo de contacto, contenido de materia orgánica y morfología superficial de la fruta u hortaliza. Los agentes desinfectantes de productos pueden reducir el número de organismos superficiales pero no alcanzan la esterilidad comercial. Deben seguirse siempre estrictamente las instrucciones del fabricante al utilizar desinfectantes. En caso de dudas acerca del uso correcto del agente o nuevas aplicaciones de un producto, será necesario ponerse en contacto con el fabricante.

#### Visual III.1-4

##### **Desinfección frente a Esterilización**

- La aplicación de agentes químicos de desinfección puede reducir el número de células vegetativas de patógenos bacterianos, pero puede no ser eficaz para la destrucción de las esporas más resistentes.
- La esterilidad comercial hace referencia a la completa eliminación de microorganismos patogénicos, incluyendo las esporas de patógenos transmitidos por los alimentos (por ejemplo *Clostridium botulinum*). Esto puede lograrse a través de tratamientos por calor como el enlatado pero no a través de la aplicación de desinfectantes comunes.

El empleo de agentes desinfectantes no debe sustituir la aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas comentadas en la Sección II. Dichos agentes deben utilizarse como una medida adicional para minimizar la probabilidad de riesgos microbiológicos en los productos frescos.

Visual III.1-5

**Agentes desinfectantes utilizados para tratar frutas y hortalizas incluyen:**

- Halógenos
- Compuestos iónicos
- Oxígeno “activo”
- Nuevas Tecnologías
- Tecnología de preservación por “Obstáculos”

Se han utilizado distintos agentes / tratamientos para desinfectar las frutas y hortalizas frescas. Aquí se incluyen los halógenos y compuestos halogenados, compuestos iónicos, oxígeno activo, nuevas tecnologías y tecnología de obstáculos.

**Halógenos y Compuestos Halogenados**

Visual III.1-6

**Ejemplos de halógenos y compuestos halogenados:**

- Cloro
- Dióxido de cloro
- Bromo
- Yodo

**Cloro**

El cloro es el desinfectante más utilizado en la industria alimenticia. Se utiliza para el tratamiento del agua potable, de procesamiento y lavado, equipos y otras superficies.

Recientemente, han surgido dudas sobre su uso debido a la formación de derivados del cloro (Richardson et al., 1998).

La capacidad del cloro para destruir microorganismos depende de la cantidad de cloro residual libre, es decir, el cloro restante después de que reaccione con la material orgánica, en el agua (Gavin y Weddig, 1995).

Visual III.1-7

Cloro total = Demanda de cloro + Cloro residual libre

El cloro reacciona con las impurezas del agua, como los minerales y sólidos orgánicos de los productos que se lavan. La cantidad de cloro que reacciona se denomina generalmente “demanda de cloro” del agua. Una vez satisfecha la demanda de cloro, hay un punto de inflexión en el que las posteriores adiciones de cloro existirán en forma de cloro residual libre. Una analogía comúnmente utilizada para explicar esta reacción es suponer que la solución de cloro se añade a una esponja. La máxima capacidad de retención de la esponja sería equivalente a la demanda de cloro del agua de lavado. Después de este punto, la posterior adición de cloro se escurrirá de la esponja. Esto sería equivalente al cloro residual libre. La suma de los dos sería el cloro total añadido. Las propiedades desinfectantes son proporcionadas únicamente por el cloro libre (Gavin y Weddig, 1995).

#### Visual III.1-8

Uso de cloro para tratar frutas y hortalizas frescas:

El cloro se utiliza normalmente a concentraciones de 50-200 ppm con un tiempo de contacto de 1-2 minutos para desinfectar las superficies de los productos.

Para tratar las superficies de los productos, el cloro se usa normalmente a concentraciones de 50-200 ppm con un tiempo de contacto de 1-2 minutos (CFSAN / FDA, 2001).

#### Visual III.1-9

Consideraciones para el uso de soluciones de cloro como agentes desinfectantes para productos agrícolas frescos:

- Los contenedores de metal y equipos de procesamiento pueden sufrir corrosión si el pH de la solución de cloro es demasiado bajo.
- Un pH de 6.0 –7.5 a 20° C (68° F) es un buen compromiso, ya que hay suficiente HOCl disponible para desinfectar el producto pero puede minimizarse la corrosión del equipo.
- El cloro se evapora cuando se eleva la temperatura de lavado
- El cloro pierde su eficacia cuando el agua de lavado contiene grandes cantidades de materia orgánica o cuando la solución se expone al aire, luz o metales. La cantidad de cloro libre puede monitorizarse con unidades automatizadas o con kits comerciales que pueden adquirirse en cualquier almacén de suministros para piscinas.
- Debido a que el cloro puede provocar irritación cutánea después de una exposición prolongada, se recomienda el uso de equipo de protección.

Las soluciones de cloro contienen moléculas de HOCl (ácido hipocloroso) y sus iones  $H^+$  y  $^-OCl$  en equilibrio. De ellos, la forma no disociada del ácido HOCl es



la forma que ejerce el efecto letal en los microorganismos. El equilibrio entre estas sustancias químicas se ve afectada por el pH. Los propios desinfectantes de cloro cambian el pH. A medida que desciende el pH, el equilibrio favorece la forma letal del ácido (HOCl). Por tanto, el pH es un importante factor en el efecto desinfectante de las soluciones de cloro. No obstante, un pH bajo favorece las reacciones de corrosión del metal, por esta razón, el uso de estos niveles de pH es más dañino para el equipo.

El control de la temperatura debería formar parte de los Procedimientos Operativos Estándar de Sanidad para la preparación adecuada y el uso de este desinfectante. También debería monitorizarse el pH del agua – el rango óptimo es de 6.0 a 7.5. Cuando los valores del pH se encuentran fuera de este rango óptimo, pueden ajustarse mediante la adición de ácidos orgánicos o inorgánicos para reducir el pH. Normalmente se inyecta cloro gaseoso en una corriente de agua que pasa a través de un lecho de conchas de ostras trituradas u otro material alcalino que lleve el pH hasta casi el neutro. El agua pasa entonces al depósito de malla después de producido este ajuste del pH. Otros materiales alcalinos como el bicarbonato sódico o la lejía diluida (hidróxido) también pueden utilizarse para elevar el pH.

Tabla III-1 El Cloro como Agente Desinfectante

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"><li>• Relativamente barato</li><li>• Acción rápida</li><li>• Amplia acción contra muchos microorganismos</li><li>• Incoloro</li><li>• Fácil preparación y uso</li><li>• Fácil determinar la concentración</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inestable durante el almacenamiento</li><li>• Afectado por el contenido de materia orgánica (pérdida del efecto germicida)</li><li>• Los virus tienden a ser resistentes</li><li>• Corrosivo</li><li>• La eficacia desciende cuando aumenta el pH de la solución</li><li>• Tóxico a altos niveles</li></ul>

### Dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>)

El dióxido de cloro ha sido objeto de atención en los últimos años debido a que su eficacia está menos afectada por el pH y el contenido de materia orgánica que la del cloro. Otra ventaja es su gran acción oxidativa que, según se ha observado, es 2.5 veces mayor que la del cloro (Benarde et al., 1967). No obstante, presenta también algunas desventajas. Entre ellas se encuentra su poca estabilidad, la resistencia de los virus y su tendencia a explotar a altas concentraciones. El dióxido de cloro se descompone a temperaturas superiores a los 30° C (86° F) y si se expone a la luz (Beuchat, 1998).

A pesar de estas desventajas, el uso de dióxido de cloro se ha incrementado debido a las nuevas tecnologías que permiten el envío a las zonas de uso en

vez de generarlo in situ. Las concentraciones no deben superar los 5 ppm para el tratamiento de frutas y hortalizas sin pelar. El dióxido de cloro está aprobado como tratamiento de lavado para productos sin cortar, y está siendo revisado para otorgar la aprobación como tratamiento de lavado para productos precortados.

## Bromo

El bromo ha tenido un uso limitado en el tratamiento del agua de lavado. Puede ser utilizado solo o en combinación con cloro, donde se ha observado un efecto sinérgico. Se dispone de poca información relativa a la eficacia del bromo solo o combinado con cloro como agente de desinfección de frutas y hortalizas.

## Yodo

Las soluciones de yodo están menos afectadas por el contenido de materia orgánica del agua de lavado que el cloro, sin embargo pueden teñir el equipo utilizado para manipular frutas y hortalizas y reaccionar con el almidón para formar un color azul-púrpura. Por esta razón, su aplicación en frutas y hortalizas se limita a los productos sin almidón.

## Compuestos iónicos

### Visual III.1-10

Ejemplos de compuestos iónicos:

- Fosfato trisódico (FTS)
- Compuestos amónicos cuaternarios (Quats)
- Ácidos orgánicos

## Fosfato tri-sódico (FTS)

Una solución de lavado de FTS al 15% durante un tiempo de contacto de 15 segundos ha demostrado ser eficaz para la eliminación de la *Salmonella* en tomates (Zhuang y Beuchat, 1996). No obstante, existe muy poca información en la literatura que documente la eficacia de los FTS como agentes desinfectantes en condiciones comerciales. Los patógenos parecen diferir en su resistencia al FTS, siendo *Listeria monocytogenes* resistente y *E.coli* O157:H7 sensible. Son necesarias más investigaciones para conocer el espectro de acción del FTS y su efecto sobre las características de calidad de los productos tratados.

## Compuestos Amónicos Cuaternarios (Quats)

Estos compuestos se usan normalmente para la desinfección de paredes, suelos, drenajes, equipos y otras superficies en contacto con los alimentos en

las plantas de procesamiento de frutas y hortalizas. Aunque no están aprobados para el contacto directo con los alimentos, los quats pueden tener una utilidad limitada en el tratamiento de frutas y hortalizas frescas que tienen que ser peladas antes del consumo (CFSAN / FDA, 2001). Estos compuestos presentan varias ventajas, que les hace interesantes como agentes desinfectantes. No son corrosivos para los metales y son estables a altas temperaturas. Son eficaces contra levaduras y mohos y contra *L. Monocytogenes*, pero son menos eficaces contra los coliformes, *Salmonella*, *E.coli*, *Pseudomonas*, y virus.

Los quats son relativamente estables en presencia de materia orgánica. Debido a que su eficacia es mayor en un rango de pH de 6-10, su aplicación está limitada a entornos altamente ácidos (Beuchat, 1998). Se recomienda un paso de enjuagado después de su aplicación.

### Ácidos Orgánicos

Los ácidos orgánicos se producen a partir del metabolismo natural de las frutas y hortalizas. Los ácidos acético, cítrico, succínico, málico, tartárico, benzoico y sórbico son los principales ácidos orgánicos que existen de forma natural en los productos frescos. Su actividad de descontaminación ha sido atribuida a una reducción en la permeabilidad de la membrana celular bacteriana.

Los ácidos orgánicos de frutas y hortalizas proporcionan cierta protección natural contra la proliferación de patógenos bacterianos, ya que dichos organismos no pueden crecer a un pH inferior a 4. Sin embargo, varios patógenos pueden adaptarse para sobrevivir a un pH inferior y provocar enfermedades. Los patógenos pueden crecer en muchas hortalizas y frutas como melones, papaya y mangos, que no son muy ácidos. La eficacia de los ácidos orgánicos como desinfectantes varía ampliamente con el tipo de ácido y el microorganismo que se inhibe. Su aplicación puede tener efectos negativos en propiedades sensoriales como el sabor y el aroma de los productos tratados.

Aunque los ácidos orgánicos tienen un uso limitado con los productos, los baños y aspersiones que contienen ácidos orgánicos han sido utilizados con éxito para desinfectar la carne. Debido a que la adición de ácidos orgánicos directamente o en lavados puede provocar reducciones en los microorganismos patogénicos, la aplicación de vinagre o jugo de limón es prometedora como tratamiento barato para la descontaminación de frutas y hortalizas frescas (Castillo y Escartín, 1994; Zhang y Faber, 1996).

## Compuestos de Oxígeno Activo

### Visual III.1-11

Ejemplos de compuestos de oxígeno “activo”:

- Peróxido de hidrógeno
- Ácido peracético
- Ozono

#### Peróxido de Hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

El peróxido de hidrógeno es prometedor como agente desinfectante para los productos frescos y cortados (Sapers and Simmons, 1998). También ha mostrado resultados positivos para la desinfección de melones ‘Cantaloupe’, uvas, y algunas nueces. El pH, temperatura y otros factores medioambientales influyen en los efectos desinfectantes del peróxido de hidrógeno.

La aplicación del peróxido de hidrógeno como agente desinfectante está limitada a algunas frutas y hortalizas debido al blanqueamiento de los pigmentos de los pigmentos de antocianina en productos como las fresas y frambuesas y a la oxidación de compuestos fenólicos de hongos que provocan una pérdida de color.

#### Ácido Peracético

Este ácido se forma por la reacción del ácido acético y el peróxido de hidrógeno con catalizadores. Se ha observado su eficacia en la reducción de recuentos microbianos en el agua de lavado de productos y en superficies de frutas (Hei, 1998). Los desinfectantes que utilizan ácido peracético a 40-80 ppm redujeron significativamente las poblaciones de *Salmonella* y *E. coli* 0157:H7 en melones ‘Cantaloupe’ y ‘Honey Dew’ (Park y Beuchat, 1999). El ácido peracético está aprobado en los EE.UU. para su uso en el agua de lavado o para la aplicación directa en frutas y hortalizas enteras o cortadas.

#### Ozono

El ozono destruye los microorganismos con mucha mayor rapidez que el cloro, debido a su elevado potencial de oxidación. Esto permite que pueda utilizarse a concentraciones mucho menores (menos de 1 ppm). Es altamente efectivo para el tratamiento del agua de procesamiento, pero presenta resultados variables cuando se utiliza como lavado desinfectante para productos frescos. El efecto letal del ozono en los microorganismos se produce a través de su acción oxidativa. *Salmonella typhimurium*, *Y. enterocolitica*, *S. aureus*, y *L. monocytogenes* son sensibles al tratamiento en agua ozonizada a una concentración de 20 ppm (Restaino, et al., 1995). Muchos virus y los quistes de protozoos como *Cryptosporidium parvum* también son sensibles al ozono

(Korich, et al., 1990). Además, el ozono ha demostrado su eficacia en la prevención del deterioro en brócoli, zanahorias y peras.

Puede ser necesario ajustar la dosificación de ozono para evitar daños en el producto tratado. Por ejemplo, mantener una concentración de 25-30 ppm de ozono gaseoso ha provocado algunos efectos fisiológicos no deseados como la aparición de manchas negras en las bananas.

Desde el punto de vista de la seguridad, existen muchas ventajas en el uso del agua ozonizada. También hay ventajas en la calidad, incluyendo la prolongación de la vida útil de almacenamiento de naranjas, fresas, frambuesas, uvas, manzanas y peras (Beuchat, 1998).

El elevado poder oxidante del ozono, que lo convierte en un elemento muy eficaz contra los microorganismos, también provoca algunos problemas con su uso. Entre ellos se incluyen la corrosión de las superficies de procesamiento de metal y la reactividad del ozono con la materia orgánica. La manipulación también es complicada debido a potenciales efectos tóxicos.

## Nuevas Tecnologías

Visual III.1-12

Nuevas tecnologías para tratar frutas y hortalizas incluyen:

- Irradiación
- Impulsos de luz
- Revestimientos comestibles

Actualmente se están investigando muchas nuevas tecnologías para tratar frutas y hortalizas frescas, y algunas ya están disponibles aunque aún no se utilizan a escala comercial.

### Irradiación

Puede aplicarse un tratamiento con radiación ionizante a dosis de hasta 1 kGy a las frutas y hortalizas frescas. La irradiación se aplica normalmente para inhibir los patógenos de post-cosecha y para proteger la calidad del producto. La irradiación puede ser eficaz para eliminar microorganismos patogénicos de las superficies de los productos. Una dosis de irradiación de 1 kGy ha demostrado su eficacia en la destrucción de *Listeria monocytogenes* en pimientos cortados. Por desgracia, son necesarias dosis muchos mayores que 1 kGy para destruir esporas, virus, levaduras y mohos (Farkas et al., 1997) y estas dosis elevadas pueden provocar ablandamiento y el desarrollo de sabores extraños en los productos frescos.

Otros factores a tener en cuenta al utilizar la desinfección por irradiación son la resistencia de determinados microorganismos al tratamiento, otros tratamientos post-cosecha, humedad y temperatura de los productos. Un problema al irradiar los productos en embalajes cerrados es que la irradiación puede provocar la eliminación de la microflora competidora, permitiendo la germinación de esporas bacterianas patogénicas.

### Impulsos de Luz

Los tratamientos por impulsos de luz (es decir, una combinación de un 25% de luz ultravioleta, un 45% de luz visible y un 30% de luz de infrarrojo) son eficaces cuando la luz puede penetrar en las superficies de los alimentos o en medios transparentes como jugos claros. Para algunas frutas y hortalizas frescas se ha observado una ampliación de la vida útil de almacenamiento después del tratamiento con impulsos de luz, sin embargo, la eficacia del tratamiento es limitada en productos con superficies opacas y / o irregulares (Dunn, 1996).

### Recubrimientos Comestibles

Las películas comestibles pueden estar hechas de distintos polímeros (pectina, proteínas, aceites, etc.) y existen muchas marcas comerciales diferentes en el mercado. Generalmente se aplican a las frutas y hortalizas frescas para mejorar su aspecto y prevenir las pérdidas de humedad. También pueden actuar como portadores de compuestos anti-microbianos como ácidos orgánicos (Beuchat y Golden, 1989), jasmonato de metilo (Buta y Moline, 1998) y bacteriocinas en la superficie del producto. Son necesarias más investigaciones para determinar la eficacia de las películas en el control del crecimiento microbiano. También está por determinarse cómo pueden mutar los microorganismos y adaptarse al nuevo entorno creado por la aplicación de la película a la superficie de los productos.

### Tecnología de Obstáculos

#### Visual III-1.13

La tecnología de obstáculos utiliza una combinación de tratamientos como el control del pH, humedad y temperatura con conservantes para crear múltiples obstáculos a la proliferación microbiana.

La tecnología de obstáculos utiliza una combinación de tratamientos como el control del pH, humedad y temperatura, con conservantes para crear múltiples obstáculos a la proliferación bacteriana. En muchos casos, los múltiples tratamientos tienen un efecto sinérgico, reforzando las acciones de los restantes. Muchos de los tratamientos anteriormente comentados pueden ser aplicados en combinación a frutas y hortalizas frescas para maximizar los efectos del tratamiento o para ofrecer una protección adicional.

## **Resumen**

1. Los microorganismos superficiales de los productos frescos varían ampliamente y son altamente dependientes del tipo de producto y las prácticas agrícolas empleadas. Los organismos presentes incluyen tanto la microflora natural como los contaminantes del suelo, agua, aire, aguas residuales y animales. Durante y después de la cosecha se reúnen muchas condiciones que pueden favorecer la proliferación de microorganismos. Entre ellas se incluyen la manipulación, contaminación cruzada, abuso de temperatura y aumentos de las tasas de respiración que provocan la producción de calor.
2. La reducción de los patógenos en los productos es importante para reducir las enfermedades transmitidas por los alimentos y la pudrición, mejorar el aspecto y el valor nutritivo. Lavar y desinfectar frutas y hortalizas es una práctica común para reducir la contaminación superficial.
3. Antes del paso de lavado, y con los productos que no toleran ser mojados, es esencial eliminar la suciedad superficial mediante limpieza en seco, ventiladores de cepillado o aspiración (si el producto lo tolera físicamente).
4. Un paso de lavado reduce la suciedad superficial. El agua utilizada para el lavado de productos debe ser potable y carecer de organismos patogénicos. Las impurezas en el agua pueden alterar drásticamente la eficacia de un detergente o un desinfectante.
5. Después del lavado se realiza un paso de desinfección, generalmente con la aplicación de agentes químicos. La desinfección implica la reducción de los microorganismos que suponen un riesgo para la salud pública, así como otros microorganismos no deseados, sin afectar negativamente a la calidad del producto o su seguridad para el consumidor.
6. La eficacia de cada desinfectante individual está influida por muchos factores incluyendo la temperatura, pH, tiempo de contacto, contenido de materia orgánica y la morfología superficial de la fruta u hortaliza. El agente desinfectante más común es una solución de cloro, pero existen muchos otros agentes en el mercado, incluyendo el dióxido de cloro, bromo, yodo, fosfato trisódico, compuestos amónicos cuaternarios, ácidos orgánicos, peróxido de hidrógeno, ácido peracético y ozono. Nuevas tecnologías como los impulsos de luz, irradiación y recubrimientos comestibles están también demostrando ser útiles en la desinfección de productos. Para muchos tipos de productos, el uso de la tecnología de obstáculos, múltiples procedimientos que se complementan y refuerzan entre sí, ha sido el método más eficaz para reducir la contaminación microbiana.

## **Módulo 2**

### **Embalaje, Almacenamiento y Transporte**

---

#### **Resultados del Aprendizaje**

- *Los participantes deben comprender las prácticas recomendadas para el mantenimiento de las instalaciones y equipos de embalaje y almacenamiento y para la manipulación adecuada de residuos y desechos*
- *Los participantes deben ser conscientes de las consideraciones de seguridad durante el transporte de los productos*

#### **Práctica**

*Experimentos/Demostraciones: Experimentos con Gérmenes Artificiales – Gérmenes y Productos Hortofrutícolas*

#### **Recursos Adicionales**

*Parte V – Condiciones de Almacenamiento para Frutas y Hortalizas*

---

Muchas de las consideraciones de desinfección comentadas para el campo de producción pueden ampliarse a la instalación de embalaje. Aunque comentarlas nuevamente puede parecer repetitivo, esta exposición se incluye para destacar que hay pasos en el proceso de la planta de embalaje (empacadora) que requieren la implementación de procedimientos de monitorización. Durante el embalaje, es importante tener en cuenta las Buenas Prácticas de Fabricación para instalaciones de embalaje y almacenamiento, equipos, contenedores, manipulación de residuos, salud e higiene de los trabajadores y almacenamiento de productos y material de embalaje.



## **Instalaciones de Embalaje - Empacadoras**

### Visual III.2-1

#### **Construcciones de Construcción Sanitaria para Instalaciones de Embalaje y Almacenamiento**

- Las instalaciones deben estar diseñadas y construidas para una fácil limpieza y desinfección.
- Los edificios deben estar protegidos con barreras diseñadas para evitar parásitos, animales domésticos, y salvajes, aves e insectos.
- Las ventanas deben estar cerradas o cubiertas con malla.
- Las paredes, suelos y techos deben estar en buen estado y ser fáciles de limpiar y desinfectar.
- Las lámparas y focos de luz deben estar cubiertos de forma que, si se rompen, los trozos de vidrio no contaminen el área de trabajo.
- El suelo debe construirse con una ligera pendiente para evitar la acumulación de agua en las áreas de producción.
- El sistema de desagüe debe estar construido para evitar la acumulación de agua en las áreas de embalaje y almacenamiento.

Las instalaciones de embalaje y almacenamiento variarán dependiendo de los productos procesados y del volumen de la operación. La planta de embalaje puede ser una pequeña área sombreada cerca del campo o un edificio a gran escala con muchas áreas diferentes de procesamiento y almacenamiento. Independientemente del volumen de la operación, las buenas prácticas de fabricación son esenciales para impedir que la instalación física se convierta en un foco de contaminación microbiana, física o química y para garantizar la consistencia en la calidad de los productos frescos.

### Visual III.2-2

#### **Recomendaciones adicionales para el mantenimiento adecuado de las instalaciones de embalaje y almacenamiento incluyen:**

- Todos los agentes químicos como combustibles, aditivos, fertilizantes, pesticidas, desinfectantes, etc. deben estar embalados en contenedores resistentes, adecuadamente etiquetados, y almacenados en lugares secos, limpios y cerrados, separados de los productos alimenticios y el material de embalaje. Estos suministros deben ser manipulados exclusivamente por personal autorizado y nunca deben entrar en contacto directo con las frutas u hortalizas frescas.
- Las áreas de embalaje y almacenamiento deben estar separadas e, idealmente, distinto personal debe ejecutar tareas independientes para evitar la contaminación cruzada.
- Deben implementarse completos Procedimientos Operativos Estándar de Sanidad (POES) y programas de mantenimiento.
- Pest control and monitoring should be in place.

Las áreas de embalaje y almacenamiento deben estar separadas. Idealmente, distinto personal debe ejecutar las tareas de cada una de las áreas para evitar la contaminación cruzada. Es importante mantener todas las áreas de embalaje y almacenamiento libres de productos químicos, basuras, maquinaria, residuos de cosecha y materiales de desecho para no fomentar las plagas y prevenir la contaminación de los productos. Deben implementarse completos Procedimientos Operativos Estándar de Sanidad (SSOPs) y programas de mantenimiento así como aplicarse el control y la monitorización de plagas.

## **Equipos**

Visual III.2-3

### **Consideraciones Sanitarias para los Equipos**

- Todo el equipo y los contenedores que entran en contacto directo con los productos o los ingredientes deben ser de acero inoxidable o de plástico, si es posible, ya que estos materiales pueden limpiarse, desinfectarse y mantenerse higiénicamente con facilidad.
- El equipo debe tener superficies suaves y estar situado en lugares que puedan facilitar la limpieza adecuada.
- El equipo no debe tener pernos sueltos, tiradores o partes móviles que puedan caer accidentalmente.
- Si el equipo está pintado, la pintura debe ser pintura homologada para equipos de procesamiento de alimentos y no debe saltarse con facilidad. Debe retirarse el óxido para que no caiga en el producto.
- Deben evitarse las fugas de aceite y el exceso de lubricación. Sólo deben utilizarse aceite y lubricantes de grado alimenticio.

Todo el equipo utilizado para el lavado y la clasificación de productos frescos debe estar diseñado para una fácil limpieza y mantenido adecuadamente para evitar la contaminación. Si es posible, todo el equipo y los contenedores que entran en contacto directo con los productos o ingredientes deben ser de acero inoxidable o plástico, ya que estos materiales pueden limpiarse, desinfectarse y mantenerse higiénicamente con facilidad. El equipo debe tener superficies suaves y estar situado en lugares que puedan facilitar la adecuada limpieza. No debe haber pernos sueltos, tiradores o partes móviles que puedan caer accidentalmente y, si el equipo está pintado, la pintura debe ser una pintura homologada para equipos de procesamiento de alimentos y no debe saltarse fácilmente. Debe retirarse el óxido para que no caiga en el producto. Deben evitarse las fugas de aceite y el exceso de lubricación. Sólo deben utilizarse aceite y lubricantes de grado alimenticio.

Visual III.2-4

**Consideraciones adicionales para el equipo de embalaje:**

- Debe implementarse un completo programa de limpieza y mantenimiento del equipo para prevenir riesgos para el operador y el consumidor.
- Los fallos del equipo deben notificarse tan pronto como surgen de forma que puedan adoptarse las precauciones necesarias antes de que un pequeño problema pueda convertirse en algo más serio.
- Es una buena práctica asignar un responsable a cada pieza del equipo, de forma que esta persona pueda familiarizarse con el equipo y su funcionamiento correcto.

Debe diseñarse e implementarse un completo programa de limpieza y mantenimiento del equipo. Este programa previene los riesgos para el operador y el consumidor. Las fallas del equipo deben notificarse tan pronto como surgen, de forma que puedan adoptarse las precauciones necesarias antes de que un pequeño problema pueda convertirse en algo más serio. Es una buena práctica asignar un responsable a cada pieza del equipo, de forma que esa persona pueda familiarizarse con el equipo y su funcionamiento correcto.

**Contenedores**

Visual III.2-5

**Buenas Prácticas de Fabricación (GMPs) para contenedores:**

- Los contenedores deben estar fabricados en materiales no tóxicos y construidos de forma que puedan limpiarse y desinfectarse fácilmente.
- Los contenedores deteriorados deben desecharse cuando la limpieza sea difícil o cuando el deterioro sea tal que puedan romperse y caer en pedazos en los productos.
- Los contenedores utilizados para transportar productos deben limpiarse y desinfectarse después de cada uso.
- Los contenedores que han estado en contacto directo con tierra, barro, estiércol o material fecal deben marcarse adecuadamente y no deben penetrar en la instalación de recepción o embalaje en ningún momento. Puede utilizarse un segundo conjunto de cajas para los productos que entran en la instalación de embalaje.
- Los contenedores utilizados para productos frescos no deben ser utilizados para transportar otros elementos como almuerzos, herramientas, combustibles, pesticidas o cualquier otro material. Estas prácticas pueden provocar riesgos químicos o microbianos para el consumidor.
- Dentro de la instalación de embalaje, es una buena práctica etiquetar o codificar por colores los contenedores que se utilizan para el transporte del producto antes y después del lavado y mantenerlos separados para evitar la contaminación cruzada.
- Debe tenerse en cuenta el control de plagas y la monitorización de la infestación durante las inspecciones de los contenedores

Para evitar la contaminación de los productos, los contenedores utilizados para la cosecha de frutas y hortalizas, el transporte desde los campos y durante el embalaje o almacenamiento deben estar limpios y desinfectados. La integridad del contenedor es importante ya que muchos de los contaminantes físicos de los productos frescos se introducen desde los contenedores utilizados (es decir, fibras, astillas / trozos de madera o plástico, etc.). Los contenedores utilizados para productos frescos no deberían ser utilizados para transportar otros elementos incluyendo almuerzos, herramientas, combustibles, pesticidas u otros materiales. Dentro de la instalación de embalaje, es una buena práctica etiquetar o codificar por color los contenedores que se utilizan para el transporte del producto antes y después del lavado y mantenerlos separados para evitar la contaminación cruzada.

### **Manipulación de Residuos y Desechos**

Visual III.2-6

#### **Buenas Prácticas de Fabricación (GMPs) relativas a la manipulación de residuos y desechos:**

- Es importante designar una área específica, segura y confinada fuera de la instalación de procesamiento para mantener temporalmente los residuos y desechos de producto.
- El centro de recogida de residuos y desechos debe estar construido para facilitar la limpieza y evitar la acumulación de restos y malos olores. Esta área debe estar fuera del perímetro de producción. Es importante utilizar contenedores cerrados y tener en cuenta los vientos dominantes para evitar malos olores en las instalaciones de producción y embalaje y la zona circundante.
- Los contenedores de residuos y las papeleras utilizadas en el interior de las áreas de producción y embalaje deben estar convenientemente situados, adecuadamente identificados, deben poder cerrarse bien y no volcarse fácilmente.
- Los residuos y materiales de desecho deben eliminarse a menudo. Es importante incluir una rutina de recogida de residuos en las actividades de limpieza diarias.
- Se recomienda la separación de material de desecho orgánico e inorgánico con el reciclaje adecuado.

Los residuos y desechos de frutas u hortalizas pueden ser una fuente de contaminantes microbiológicos. La materia orgánica en descomposición puede servir para propagar los microorganismos por la instalación, producir malos olores y atraer insectos y otras plagas que portan organismos patogénicos. Los residuos y materiales de desecho deben conservarse en lugares especiales y deben retirarse diariamente. El lugar de recogida debe estar construido para una fácil limpieza, debe utilizar contenedores cerrados y estar situado de forma que el viento no lleve los malos olores a las instalaciones de producción y embalaje

o el vecindario circundante. Se recomienda la separación de desechos orgánicos e inorgánicos con el reciclaje adecuado.

## **Almacenamiento de Material de Embalaje**

Visual III.2-7

### **Selección de un lugar de almacenamiento de material de embalaje:**

- El área de almacenamiento debe estar limpia, seca y carecer de residuos, insectos y animales.
- Debe observarse si hay fugas en el techo antes de colocar el material en el lugar de almacenamiento.
- El lugar de almacenamiento debe estar separado de los agentes químicos y de las áreas de almacenamiento utilizadas para productos químicos u otros materiales peligrosos.
- Almacenar los materiales de embalaje en bandejas es una buena práctica para evitar el contacto directo de los materiales de embalaje con el suelo.

El material de embalaje como cajas de cartón, bolsas de plástico, etc. debe conservarse en un lugar designado para este propósito. Esta área debe estar limpia, seca y carecer de residuos, insectos y animales. Los materiales de embalaje deben mantenerse alejados de toda fuente de contaminación.

Durante las operaciones de embalaje es importante evitar dañar los contenedores. Las cajas no deben apilarse, ya que las pilas dañan los embalajes y pueden contaminar los productos. Siempre deben utilizarse cajas y bolsas nuevas. Las bolsas de plástico y las superficies en contacto con los alimentos deben estar fabricadas en plástico de grado alimenticio para evitar la migración de contaminantes químicos a los productos frescos.

## **Almacenamiento de los Productos**

Visual III.2-8

### **Buenas Prácticas de Fabricación relativas al almacenamiento de frutas y hortalizas frescas:**

- Todos los productos deben almacenarse en un lugar limpio siguiendo un sistema organizado. Los códigos y la rotación de inventarios son importantes para minimizar el tiempo que el producto permanece almacenado y para facilitar la retirada en caso de problemas más adelante en la cadena alimenticia.
- Las cajas de producto deben colocarse en bandejas para evitar el contacto directo con el suelo.
- Debe haber una separación mínima entre las bandejas y la pared de 45 cm (17,5 pulgadas). Deben dejarse 10 cm (4 pulgadas) entre las bandejas y el suelo. Dicha separación permite la ventilación adecuada y facilita la limpieza y la inspección para detectar la presencia de roedores e insectos.
- No deben almacenarse productos químicos, residuos, desechos o material oloroso cerca de los productos.
- Las áreas o cámaras de almacenamiento de frutas y hortalizas deben tener un control preciso y registrado de la temperatura y humedad para prevenir o retrasar la proliferación microbiana. La temperatura de almacenamiento adecuada y la humedad relativa variarán considerablemente dependiendo del producto y sus requisitos específicos.
- Las paredes, suelos y techos deben limpiarse sistemática y periódicamente para evitar la acumulación de suciedad.

Al igual que con todas las áreas de manipulación de productos, la higiene y el control de temperatura en las salas de almacenamiento son factores críticos para minimizar la contaminación y mantener la seguridad y calidad de los productos. Debe haber un programa de limpieza y desinfección establecido para todas las áreas de almacenamiento de productos.

## **Transporte**

La adecuada manipulación de frutas y hortalizas durante el transporte es crucial para la seguridad de los productos. Todo el tiempo y los esfuerzos dedicados a minimizar la contaminación microbiana y a monitorizar la calidad durante la producción en el campo, cosecha, lavado y embalaje se habrán malgastado si las condiciones del transporte no son adecuadas.

Visual III.2-9

**La Desinfección del Contenedor de Envío es crucial**

- Es importante pedir a la empresa de transportes que mantenga un registro detallado de las cargas anteriores y que limpien y desinfecten los contenedores entre las cargas. Esto tiene que ser verificado antes de colocar frutas u hortalizas frescas en la unidad.
- Debe realizarse una inspección completa del remolque o contenedor antes de cargar el producto. Prestar atención a malos olores, suciedad visible o restos de materia orgánica.

Los productos frescos se transportan generalmente en remolques o contenedores para transportes internacionales. Es importante recordar que las empresas de transportes también transportan otros materiales. En el mejor de los casos, los contenedores de flete serían de grado alimenticio, utilizados únicamente para transportar el mismo alimento y limpiados y desinfectados a conciencia entre las cargas. No obstante, todo productor debe preguntar qué tipo de alimento fue transportado previamente en los contenedores ofrecidos para sus productos. Los productos agrícolas no deben ser transportados en contenedores que han sido utilizados para transportar pescado, carne cruda, huevos u otros productos que sean importantes fuentes de patógenos transmitidos por los alimentos, a menos que dichos contenedores hayan sido adecuadamente limpiados y desinfectados.

En una situación ideal, la unidad de transporte se desinfectaría después de cada carga. No obstante, debido a que las empresas de transporte tienen otras prioridades, pueden no ser conscientes de los requisitos de desinfección para los productos frescos. La frecuencia de la desinfección a menudo estará dictada por el historial de cargas previas, el tipo de productos y el tipo de embalaje entre otros aspectos.

Visual III.2-10

**Consideraciones importantes para las unidades de transporte de frutas y hortalizas**

- Los remolques y contenedores deben estar libres de suciedad visible, olores y partículas de alimentos.
- Las unidades de transporte no deben tener condensación de agua y no deben estar mojadas.
- Se recomiendan uniones herméticas para evitar el acceso de plagas y la contaminación medioambiental durante el transporte.
- Si el producto fresco requiere refrigeración durante el transporte, el equipo de refrigeración debe funcionar correctamente. Deben utilizarse dispositivos de monitorización de temperatura para monitorizar el comportamiento del sistema de refrigeración.

Si el historial de cargas previas indica que la unidad de transporte ha sido utilizada recientemente para transportar animales, alimentos crudos, o sustancias químicas, no deben introducirse los productos en la unidad hasta que se hayan adoptado las medidas adecuadas de limpieza y desinfección. El remolque o contenedor debe ser lavado y descontaminado utilizando procedimientos similares a los descritos para los equipos de procesamiento de alimentos. Los remolques y contenedores deben carecer de suciedad visible y partículas de alimentos. Los olores también son síntoma de que es necesaria una limpieza adicional, ya que los malos olores pueden indicar la existencia de contaminación microbiológica así como malas prácticas de limpieza. Muchos de los productos químicos de limpieza y desinfección descritos para su uso en la desinfección de los productos agrícolas pueden utilizarse siempre que no provoquen corrosión en la unidad.

### Transporte Refrigerado

#### Visual III.2-11

- Cuando los productos se conservan a su temperatura óptima, se extiende la vida útil de almacenamiento, el aspecto es más atractivo y se mantiene una mejor calidad.
- Además de estas ventajas de calidad, mantener una baja temperatura durante el transporte también puede inhibir o retardar en gran medida la proliferación de patógenos. La temperatura óptima de almacenamiento y transporte dependerá de la sensibilidad del producto a los daños por frío y de la menor proliferación de patógenos a bajas temperaturas.

Temperaturas de almacenamiento y transporte demasiado bajas pueden dañar algunas frutas tropicales y otros productos altamente perecederos (por ejemplo, bananas y tomates). Para estos productos, la industria aplica temperaturas de almacenamiento y transporte de entre 10 y 15° C (50 y 59° F). Para productos no sensibles al frío, el rango óptimo de temperatura es el más bajo posible sin provocar congelación, normalmente de 0 a 5° C (32 a 41° F). Además de la temperatura, debe tenerse en cuenta la humedad relativa de la unidad de transporte para prevenir la deshidratación o la formación de condensado. En la Parte V de los Recursos Adicionales se proporcionan la temperatura y la humedad recomendadas para el almacenamiento de muchos productos agrícolas. Estas recomendaciones también se aplican a las condiciones de transporte.



Visual III.2-12

**GMPs adicionales para unidades de transporte refrigeradas:**

- Los sistemas de refrigeración y enfriamiento deben ser inspeccionados antes de cada viaje para garantizar que funcionan adecuadamente. Deben estar sujetos a un plan de mantenimiento programado.
- Minimizar el tiempo de tránsito (el tiempo entre la retirada del almacenamiento frío y la carga en los contenedores refrigerados). Considerar la posibilidad de encender las unidades de refrigeración y enfriar el contenedor de transporte antes de la carga.
- Permitir la adecuada circulación del aire en el remolque o contenedor colocando adecuadamente el producto y no sobrecargando el contenedor.
- Deben mantenerse registros de la temperatura durante el transporte.
- Los registradores de temperatura deben estar calibrados y ser inviolables para garantizar que se mantiene la temperatura de almacenamiento adecuada.
- Las bobinas de refrigeración deben estar limpias y no gotear condensado en la carga.

Es importante la formación de los conductores y otro personal de transporte y manipulación. Deben estar sensibilizados con la importancia del control de la temperatura y el tiempo de tránsito para mantener la seguridad y la calidad de los productos frescos. También es importante el mantenimiento de los camiones para garantizar que llegan a su destino sin retrasos. Los registros de la temperatura durante el transporte ayudan a garantizar que los productos se mantienen a las temperaturas adecuadas.

**Resumen**

1. Independientemente de la envergadura de la operación de producción, las buenas prácticas de fabricación (GMPs) son esenciales para garantizar la consistencia en la calidad de los productos frescos y para prevenir que el entorno de manipulación se convierta en una fuente de contaminación microbiana, física o química.
2. Es importante mantener todas las áreas de embalaje y almacenamiento libres de productos químicos, basuras, maquinaria, residuos de cosechas y materiales de desecho para no fomentar las plagas y prevenir la contaminación de los productos hortofrutícolas en estas instalaciones.
3. Todo el equipo utilizado para lavar y clasificar los productos hortofrutícolas frescos deben estar diseñados para una fácil limpieza y mantenidos adecuadamente para prevenir la contaminación.
4. Para prevenir la contaminación de los productos hortofrutícolas, los contenedores utilizados para la cosecha de frutas y hortalizas, el transporte

desde los campos y durante el embalaje o almacenamiento deben estar limpios y desinfectados y mantenerse intactos. Los contenedores de plástico deben ser de plástico de grado alimenticio.

5. Los residuos y los desechos de frutas u hortalizas pueden ser una fuente de contaminantes biológicos. Los residuos y materiales de desecho deben almacenarse en lugares especiales y deben retirarse diariamente. El lugar de recogida tiene que estar construido para una fácil limpieza, debe utilizar contenedores cerrados y estar situado de forma que el viento no lleve los olores hasta las instalaciones de producción y embalaje o el vecindario circundante.
6. La limpieza, desinfección y el control de temperatura en las cámaras de almacenamiento son factores cruciales para minimizar la contaminación, reducir las plagas y mantener la seguridad y calidad de los productos. Debe existir un programa de limpieza y desinfección establecido para todas las áreas de almacenamiento de los productos hortofrutícolas.
7. Los productos no deben ser transportados en contenedores que hayan sido utilizados para transportar pescado, carne cruda, huevos y otros productos que son importantes fuentes de patógenos transmitidos por los alimentos a menos que dichos contenedores hayan sido adecuadamente limpiados y desinfectados. Las unidades refrigeradas deben mantener las temperaturas adecuadas para la seguridad y calidad de los productos hortofrutícolas.

## Módulo 3

### Limpieza y Desinfección de Equipos

#### Resultado del Aprendizaje

- *Los participantes deben conocer las prácticas adecuadas de limpieza y desinfección para los equipos, contenedores, utensilios e instalaciones en las operaciones de manipulación de productos hortofrutícolas.*

#### Práctica

- *Experimentos/Demostraciones: Experimentos con “Gérmenes” Artificiales: Cómo se Propagan los Gérmenes II  
Gérmenes y Productos Hortofrutícolas*

Para reducir el riesgo de contaminación de frutas y hortalizas, deben seguirse estrictos procedimientos de limpieza y desinfección con todos los equipos, utensilios, contenedores y en las instalaciones de manipulación.

Visual III.3-1

#### ¿Qué debe limpiarse y desinfectarse?

- Todos los equipos de la instalación, contenedores, utensilios e instalaciones.
- Deben aplicarse los mismos procedimientos para la desinfección de herramientas, contenedores y todas las superficies que entran en contacto con la fruta u hortaliza durante la producción en el campo, cosecha, embalaje en el campo o transporte.

#### Procedimientos de Limpieza

La limpieza incluye el uso de métodos físicos, como el restregado, y métodos químicos como detergentes, ácidos o álcalis para eliminar la suciedad, polvo, residuos de alimentos y otros restos de las superficies. Estos métodos pueden ser utilizados por separado o en combinación.

Visual III.3-2

#### Detergente

- Material que reduce la tensión superficial del agua, incrementando su capacidad de interactuar con medios acuosos y orgánicos.
- Esta propiedad proporciona a los detergentes la capacidad de retirar y / o eliminar sustancias contaminantes no deseadas presentes en las superficies.

Un detergente es un material que reduce la tensión superficial del agua. La reducción de la tensión superficial del agua permite la penetración del detergente. Esto ayuda al detergente a desplazar y suspender partículas de las superficies de procesamiento y equipos. El aclarado con agua retira entonces las partículas.

Visual III.3-3

**Características de un Buen Agente Limpiador (Detergente):**

Solubilidad completa y rápida  
No corrosivo para las superficies metálicas  
Buena acción humectante  
Buenas propiedades de dispersión o suspensión  
Buenas propiedades de enjuagado  
Acción germicida  
Bajo costo  
No tóxico

Un buen detergente debe mostrar una solubilidad completa y rápida, no ser corrosivo para las superficies metálicas, tener una buena acción humectante y ofrecer una buena dispersión o suspensión, y propiedades de enjuagado, acción germicida y bajo costo. Al seleccionar el producto de limpieza adecuado es importante conocer el material superficial sobre el que actuará y qué material(es) deberá eliminar. La Visual siguiente ofrece recomendaciones para seleccionar los compuestos de limpieza sobre la base de la superficie a limpiar.

Visual III.3-4

<b>TIPO DE SUPERFICIE</b>	<b>SUSTANCIA LIMPIADORA RECOMENDADA</b>	<b>FRECUENCIA DE USO</b>
Acero inoxidable	Alcalina, ácida no abrasiva, no abrasiva	Diario Semanal
Metales (cobre, aluminio, superficies galvanizadas)	Sustancias moderadamente alcalinas con inhibidores de la corrosión	Diario
Madera	Detergentes con tensoactivos	Diario
Caucho	Sustancias alcalinas	Diario
Vidrio	Sustancias moderadamente alcalinas	Diario
Suelos de concreto	Alcalina	Diario

Para prevenir la contaminación de los productos hortofrutícolas, todos los equipos y utensilios deben limpiarse y desinfectarse siguiendo las indicaciones y frecuencias establecidas en los Procedimientos Operativos Estándar de Sanidad (SSOPs), o cuando las circunstancias lo requieran.

#### Visual III.3-5

Para limpiar eficazmente es necesario utilizar los instrumentos adecuados. Ejemplos de instrumentos comunes utilizados para limpiar equipos de procesamiento y embalaje e instalaciones de procesamiento de alimentos incluyen:

- Esponjas
- Escobas
- Raspadores
- Cepillos
- Pistolas de agua a presión

Los instrumentos de limpieza pueden constituir una importante fuente de riesgos biológicos si no se manipulan correctamente. Los instrumentos de limpieza deben ser lavados y desinfectados después de su uso, y deben ser reemplazados regularmente para evitar el desarrollo de microorganismos en sus superficies.

Los instrumentos de limpieza son necesarios para limpiar eficazmente. Sin embargo, los instrumentos de limpieza pueden constituir una importante fuente de riesgos biológicos si no se manipulan correctamente. Los instrumentos de limpieza deben ser lavados y desinfectados después de su uso y deben ser reemplazados regularmente para evitar el desarrollo de microorganismos en sus superficies.

Los procedimientos de limpieza no pueden garantizar la reducción de los microorganismos, sin embargo, pueden minimizar la formación de bio-películas. Para eliminar los microorganismos, es necesario tratar las superficies con agentes químicos generalmente denominados agentes de desinfección o desinfectantes.

## **Procedimientos de Desinfección**

### Visual III.3-6

Desinfectar las superficies de contacto con los alimentos significa tratar adecuadamente las superficies de contacto con los alimentos una vez limpias mediante un proceso que es eficaz para destruir o reducir sustancialmente las cantidades de microorganismos que suponen un riesgo para la salud pública así como otros microorganismos no deseados, sin afectar negativamente a la calidad del producto o su seguridad para el consumidor. Significa la aplicación de calor acumulativo o productos químicos en superficies de contacto con los alimentos limpias, que cuando se evalúa su eficacia, es suficiente para reducir las poblaciones de microorganismos representativos en un 99.999%.

Desinfectar las superficies de contacto con los alimentos significa tratar adecuadamente las superficies de contacto con los alimentos una vez limpias mediante un proceso que es eficaz para destruir o reducir sustancialmente las cantidades de microorganismos que suponen un riesgo para la salud pública así como otros microorganismos no deseados, sin afectar negativamente a la calidad del producto o su seguridad para el consumidor. Significa la aplicación de calor acumulativo o productos químicos en superficies de contacto con los alimentos limpias, que cuando se evalúa su eficacia, es suficiente para reducir las poblaciones de microorganismos representativos en un 99.999% (U.S. Public Health Service, FDA, 1997 ).

La desinfección no es un procedimiento de limpieza sustituto. La materia orgánica e inorgánica afecta a la acción germicida de muchos agentes desinfectantes, por lo que debe realizarse siempre una limpieza para eliminar el polvo, suciedad y residuos antes de aplicar un agente desinfectante. Las buenas prácticas de fabricación (GMPs) también pueden prevenir la formación de bio-películas que pueden desarrollar las bacterias para protegerse de los desinfectantes.

### Visual III.3-7

#### **Factores a tener en cuenta al seleccionar un agente desinfectante**

- Tipo de equipo y clase de superficie a desinfectar
- Dureza del agua
- Equipo de desinfección disponible
- Eficacia contra importantes patógenos asociados con los tipos de productos procesados o el entorno de procesamiento
- Eficacia en condiciones prácticas

La selección de un agente desinfectante para los equipos de manipulación de productos agrícolas dependerá en gran medida del microorganismo objetivo, el

tipo de producto procesado y el material de las superficies que entran en contacto directo con el producto. Otras consideraciones importantes son el tipo de agua y el procedimiento de limpieza utilizado.

Se recomienda un agente desinfectante con un amplio espectro de acción para la destrucción de microorganismos patógenos en distintas superficies de los equipos. Para algunas actividades de desinfección, es necesario utilizar agentes alternativos. Desarrollar un programa de rotación para los agentes de limpieza y desinfección debería reducir la probabilidad de que los patógenos desarrollen resistencia contra un agente específico.

#### Visual III.3-8

**Agentes Comunes Utilizados para la Desinfección de Equipos Incluyen:**

- Cloro y agentes de cloración, incluyendo los compuestos de hipoclorito
- Compuestos Amónicos Cuaternarios (Quats)
- Ácidos y álcalis fuertes

Los agentes desinfectantes y su uso en los productos agrícolas se comentaron en el Módulo 1. La siguiente exposición identifica algunas consideraciones especiales a tener en cuenta al utilizar agentes de desinfección en el equipo de procesamiento.

#### Cloro y Compuestos de Cloro

Cuando se utilizan adecuadamente, estas sustancias pueden considerarse entre los agentes de desinfección de equipos más útiles. No obstante, pH, temperatura y carga orgánica afectan dramáticamente la actividad del cloro. Los agentes de cloración producen un rápido efecto sobre una amplia variedad de microorganismos y son relativamente baratos. Este grupo de desinfectantes es altamente corrosivo para los metales y también puede blanquear el equipo; por esta razón, se recomienda encarecidamente enjuagar inmediatamente las superficies del equipo una vez transcurrido el tiempo de contacto adecuado.

#### Visual III.3-9

**Cloro Residual Libre**

La cantidad de cloro residual libre es muy importante para la desinfección de la planta, ya que la velocidad a la que se destruyen las bacterias es proporcional a la concentración de cloro residual.

La cantidad de cloro residual libre es muy importante para la desinfección de la planta, ya que la velocidad a la que se destruyen las bacterias es proporcional a su concentración (Gavin y Weddig, 1995). Como se comentó en el Módulo 1, las

aguas de desinfección deben tener cloro hasta un punto en el que existan concentraciones de cloro residual libre con un poder germicida significativo. Se considera que los agentes desinfectantes que contienen una concentración de 2-7 ppm de cloro residual libre tienen un poder bactericida significativo. Pueden aplicarse a correas o cintas transportadoras y equipos utilizando aspersores continuos / intermitentes o mediante inundación o ducha. Las soluciones con concentraciones más elevadas (20-50 ppm) pueden utilizarse para equipos y limpieza.

La duración del tiempo de contacto, pH y temperatura del agente desinfectante son también consideraciones importantes para lograr una desinfección eficaz. Aumentar la temperatura del agua con cloro puede provocar una considerable reducción del cloro a menos que la solución contenga nitrógeno orgánico que interactúe con el cloro para formar cloraminas, que poseen poder germicida.

Muchas operaciones inyectan cloro gaseoso en el agua para preparar soluciones desinfectantes. En estos casos, es importante considerar la temperatura del agua, ya que ésta afecta a la solubilidad del cloro gaseoso (Gavin y Weddig, 1995).

#### Compuestos de Yodo (Yodóforos)

Los compuestos de yodo son ampliamente utilizados para desinfectar equipos de procesamiento de alimentos y superficies. Los más comúnmente utilizados son las soluciones de etanol-yodo, soluciones acuosas de yodo y yodóforos, que son combinaciones de yodo elemental con tensoactivos aniónicos de nonilo-fenol etoxilatos o portadores como polivinilpirrolidona.

A concentraciones de 6-13 ppm de yodo libre (pH 6.6- 7.0) durante un tiempo de contacto de 3-15 segundos, la población de células bacterianas vegetativas puede reducirse en un 90%. Las esporas bacterianas son más resistentes al yodo que las células vegetativas (Beuchat, 1998). Para limpiar las superficies de equipos, normalmente se recomienda una solución con 25-50 miligramos de yodo por litro (ppm) a un pH 3-4.

Los yodóforos son los compuestos de yodo más frecuentemente utilizados en la industria alimenticia (Gorny, 2001). Poseen un amplio espectro de acción, son eficaces contra levaduras y mohos y son muy convenientes si se necesita un limpiador ácido. Su efecto es rápido y presentan una amplia actividad antimicrobiana. Los yodóforos cuentan con la ventaja de ser menos corrosivos que el cloro a temperaturas bajas. No obstante, se vaporizan a temperaturas superiores a 50° C (122° F), momento en el que pueden ser altamente corrosivos y su eficacia se reduce a bajas temperaturas (Beuchat, 1998). Los yodóforos son más eficaces en un rango de pH de 2-5 pero pueden permanecer activos en condiciones levemente alcalinas dependiendo de otras condiciones.



Los yodóforos pierden su eficacia en presencia de material orgánico y a pH 7 o superior. Es posible observar visualmente la eficacia de los yodóforos, ya que pierden su color cuando el yodo residual alcanza niveles ineficaces.

Dependiendo de la composición de la solución y de la naturaleza de la superficie sobre la que se aplican, los yodóforos a concentraciones elevadas pueden provocar una acción corrosiva en los metales. Por esta razón, es importante enjuagar abundantemente las superficies tratadas con agua después de la aplicación del yodóforo. Para superficies que no se dañan fácilmente, los yodóforos pueden aplicarse sin un enjuague final.

### Compuestos Amónicos Cuaternarios (Quats)

Los Quats presentan buenas características detergentes. Son incoloros, son relativamente poco corrosivos para los metales y no son tóxicos. Los Quats son buenos agentes desinfectantes aunque son selectivos para algunos tipos de bacterias (es decir, no son eficaces contra *E. coli* y *Pseudomonas aeruginosa*). Debido a esta selectividad, es útil realizar ocasionalmente un tratamiento con cloro para mantener una desinfección adecuada de la planta.

Las soluciones amónicas cuaternarias deben ser utilizadas a niveles de entre 200 y 1,200 miligramos por litro. Cuando se emplea agua dura, se necesitan mayores concentraciones. Los Quats no se ven afectados por la materia orgánica, pero tampoco son compatibles con jabones o detergentes aniónicos. Los Quats tienden a adherirse a las superficies de los equipos, por lo que es necesario enjuagar abundantemente con agua potable después de su aplicación.

Debido a su naturaleza poco corrosiva, los quats se utilizan generalmente para la desinfección de suelos, paredes, techos y otras partes de compartimentos refrigerados. No obstante, cuentan con la desafortunada limitación de ser inactivados por madera, algodón, nylon, esponjas de celulosa y algunos plásticos (Gavin y Weddig, 1995).

### Otros Agentes Desinfectantes

Además de presentar propiedades detergentes, los ácidos y bases fuertes poseen una considerable actividad anti-microbiana. Cuando estos materiales se aplican a equipos de procesamiento, es importante evitar la contaminación de los alimentos, ya que el ácido o la base puede perjudicar al consumidor. Todas las superficies tratadas deben ser enjuagadas con abundante agua después del tratamiento.

La luz ultravioleta (UV) tiene algunas aplicaciones como agente desinfectante de superficies. Sin embargo, debido a su bajo poder de penetración, se utiliza principalmente para destruir microorganismos transmitidos por el aire,

especialmente esporas de moho en sistemas de circulación de aire, por encima de las áreas de embalaje, en cámaras de frío, etc.

El ozono tiene algunas aplicaciones como agente desinfectante de plantas. Se utiliza para tratar el agua y las cámaras de almacenamiento. El ozono es eficaz contra los microorganismos existentes en agua fría y sistemas de agua de recirculación.

### **Calidad del Agua y Agentes Desinfectantes**

El agua es el principal componente de las soluciones desinfectantes y puede constituir un factor en la eficacia de los procedimientos de desinfección. El agua utilizada para mezclar las soluciones desinfectantes debe ser de buena calidad. La carga orgánica, la turbidez y la presencia de patógenos en el agua utilizada para las soluciones desinfectantes pueden alterar la eficacia de los procedimientos de desinfección.

### **Manipulación de las Sustancias Desinfectantes**

Visual III.3-10

#### **Recomendaciones para la manipulación segura de los agentes desinfectantes:**

- Al utilizar sustancias alcalinas o ácidas, los empleados deben utilizar anteojos y ropas protectoras.
- Los agentes de desinfección deben conservarse en una instalación independiente, alejados de los productos frescos y el material de embalaje.
- Deben seguirse cuidadosamente las instrucciones específicas de manipulación y empleo de cada producto.
- Los agentes desinfectantes están clasificados como sustancias químicas pesticidas, por tanto, están sujetos a normativas de empleo y eliminación específicas para cada país.

Legalmente en los EE.UU., los agentes desinfectantes destinados a su uso en superficies (distintas de los embalajes de alimentos) en contacto permanente o semi-permanente con los alimentos son “pesticidas” y deben estar registrados en Environmental Protection Agency (Gorny, 2001). Los residuos que permanezcan en las superficies en contacto con los alimentos son residuos químicos pesticidas que están sujetos a las normativas de tolerancia de EPA.

Las recomendaciones para manipular pesticidas químicos expuestas en la Sección II, Módulo 3 se aplican al uso de agente desinfectante. Debe utilizarse equipo protector como guantes, botas, anteojos y, en algunos casos, mascarillas. Los operadores deben estar formados en la manipulación y preparación adecuadas de soluciones de desinfección.

Visual III.3-11

**Mezclas peligrosas de agentes desinfectantes**

- Para evitar las reacciones abruptas de neutralización, no deben mezclarse los productos desinfectantes alcalinos y ácidos (por ejemplo, el cloro mezclado con amoníaco es extremadamente peligroso).
- Los productos ácidos no deben mezclarse con soluciones de hipoclorito ya que pueden producir cloro gaseoso, que puede ser tóxico

No deben mezclarse distintas sustancias desinfectantes ya que pueden producirse reacciones peligrosas. Para evitar las reacciones abruptas de neutralización que pueden provocar salpicaduras y / o vapores nocivos, no deben mezclarse los productos desinfectantes alcalinos y ácidos (por ejemplo, el cloro mezclado con amoníaco es extremadamente peligroso). Los productos ácidos no deben mezclarse con soluciones de hipoclorito, ya que pueden producir cloro gaseoso, que puede ser tóxico.

**Resumen**

1. Para reducir el riesgo de contaminación de frutas y hortalizas, deben seguirse estrictos procedimientos de limpieza y desinfección para todos los equipos, utensilios, contenedores y en las instalaciones de manipulación.
2. La limpieza incluye el uso de métodos físicos, incluido el restregado, y métodos químicos, como detergentes, ácidos o álcalis para retirar la suciedad y muchos contaminantes superficiales. Estos métodos pueden utilizarse por separado o en combinación. Al seleccionar el producto de limpieza adecuado es importante conocer el material superficial sobre el que actuará y qué material(es) retirará.
3. La selección de un agente desinfectante dependerá en gran medida de los microorganismos objetivo, el tipo de productos procesados y el material de las superficies que entran en contacto directo con el agente desinfectante. Agentes comunes utilizados para la desinfección de los equipos incluyen el cloro y compuestos de cloración, incluyendo compuestos de hipoclorito, yodo, compuestos amónicos cuaternarios (Quats), y ácidos y álcalis fuertes.

## Referencias

- Bartz, J.A. and Showalter, R.K. 1981. Infiltration of tomatoes by bacteria in aqueous suspension. *Phytopathology*, 71:515.
- Benarde, M.A., Snow, W.B., Olivieri, P. and Davidson, B. 1967. Kinetics and mechanism of bacterial disinfection by chlorine dioxide. *Appl. Microbiol.* 15:2167.
- Beuchat, L.R. 1998. Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: A review. World Health Organization. WHO/FSF/FOS/98.2 Available via the Internet at <http://www.who.int/fsf/fos982~1.pdf>
- Beuchat, L.R. and Golden, D.A. 1989. Antimicrobials occurring naturally in foods. *Food Technol.* 43:135.
- Buta, J.G. and Moline, H.E. 1998. Methyl jasmonate extends shelf life and reduces microbial contamination of fresh-cut celery and peppers. *J. Agric. Food Chem.* 46:1253.
- Castillo, A. and Escartin, E.F. 1994. Survival of *Campylobacter jejuni* on sliced watermelon and papaya. *J. Food Prot.* 57:166.
- CFSAN/FDA. 2001. Analysis and evaluation of preventive control measures for the control and reduction/elimination of microbial hazards on fresh and fresh-cut produce. U.S. Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition. September 30, 2001. Available via the Internet at <http://www.cfsan.fda.gov/~comm/ift3exec.html>
- Dunn, J. 1996. Pulsed light and pulsed electric field for foods and eggs. *Poultry Sci.* 75:1133.
- Farkas, J., Saray, T., Mohacsi-Farkas, C., Horti, K. and Andrassy, E. 1997. Effects of low-dose gamma radiation on shelf-life and microbiological safety of pre-cut/prepared vegetables. *Adv. Food Sci.* 19:111.
- FDA. 1998. Guide to minimize microbial food safety hazards for fresh fruits and vegetables. U.S. Food and Drug Administration. Available via the Internet at <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/prodguid.html>
- Gavin, A. and Weddig, L.M. 1995. Canned Foods: Principles of Thermal Process Control, Acidification and Container Closure Evaluation. The Food Processors Institute, Washington, D.C., p. 35.
- Gorny, J.R. 2001. Chapter 6 – Plant cleaning and sanitation: Materials and systems. In *Food Safety Guidelines for the Fresh-Cut Produce Industry*, Fourth Edition. International Fresh-cut Produce Association.

- Hei, R.D. 1998. Peracetic acid applications to vegetable and fruit flume transport waters improved storage stability, and yielded superior reduction of microbial contaminants during processing. Abstract 65-3, Annual Meeting of the Institute of Food Technologists, Atlanta, GA.
- Korich, D.G., Mead J.R., Madore M.S., Sinclair N.A., Sterling C.R. 1990. Effects of ozone, chlorine dioxide, chlorine, and monochloramine on *Cryptosporidium parvum* oocyst viability. Appl. Environ. Microbiol., 56:1423-1428.
- Park, C.M. and Beuchat, L.R. 1999. Evaluation of sanitizers for killing *Escherchia coli* 0157:H7, *Salmonella* and naturally occurring microorganisms on cantaloupes, honeydew melons, and aspararagus. Dairy Food Environ sanit 19:842.
- Restaino L., Frampton E.W., Hemphill J.B., and Palnikar P. 1995. Efficacy of ozonated water against various food-related microorganisms. Appl. Environ. Microbiol. 61:3471.
- Richardson, S.D., Thruston, A.D., Caughran, T.V., Collete, T.W., Patterson, K.S. and Lykins, B.W. 1998. Chemical by-products of chlorine and alternative disinfectants. Food Technol. 52:58.
- Sapers, G.M. and Simmons, G.F. 1998. Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. Food Technol. 52:48.
- U.S. Public Health Service, FDA. 1997 Food Code, U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Washington, DC.
- Zhang, S. and Faber, J.M. 1996. The effects of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetables. Food Microbiol. 13:311.
- Zhuang, R.Y. and Beuchat, L.R. 1996. Effectiveness of trisodium phosphate for killing *Salmonella montevideo* on tomatoes. Lett. Appl. Microbiol. 22:97.
- Zhuang, R.Y., Beuchat, L.R. and Angulo, F.J. 1995. Fate of *Salmonella montevideo* on and in raw tomatoes as affected by temperature and treatment with chlorine. Appl. Environ. Microbiol. 61:2127.