

Identificación y Control Postcosecha de las Enfermedades del Tomate en la Florida¹

Michael J. Mahovic, Steven A. Sargent, Jerry A. Bartz y Elena E. Lon Kan²

En Florida, la producción de tomate es desafiada frecuentemente por una lista de enfermedades de plantas que se propician en los climas húmedos y calurosos. Las condiciones que promueven estas enfermedades también favorecen a la descomposición de los frutos, tanto en el campo como durante el manejo y el embarque.

La descomposición de los frutos son generalmente ocasionados por patógenos oportunistas, los cuales no pueden infectar directamente los tejidos de los frutos a menos que los tejidos sufran presión y/o daño. Estos patógenos son ubícuos (hallados en todas partes) en el ambiente natural. Los daños mecánicos (por ejemplo, daño por presión o golpes, cortes, pinchazos) que ocurren durante la cosecha y el manejo son una causa predominante para la descomposición debido a que ellos proporcionan

entradas de infección (sitios asegurados) para patógenos de la descomposición. Una vez que se inicia una lesión, el patógeno de la descomposición frecuentemente puede afectar completamente el resto del fruto. Durante el proceso de invasión, infección, colonización y reproducción, el patógeno acostumbra a producir estructuras y materiales que propician la infección y la descomposición del fruto cercano. Las frutas y vegetales varían en su resistencia natural al deterioro; aquellos productos que tienen procesos activos de regeneración de los tejidos son más resistentes. Por ejemplo, magulladuras grandes, pero limpias sobre el tubérculo de papa rápidamente cicatrizan bajo condiciones de humedad y calor, y esta capa protectora de cicatriz (corcho) evitan que los patógenos de la descomposición infecten los tejidos no dañados. Los tomates forman una zona de separación natural que es la cicatriz del pedúnculo y

1. This document is HS334, one of a series of the Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Original publication date: March 2002. Revised: December 2006. Please visit the EDIS Web site at <http://edis.ifas.ufl.edu>.

Sanitation means a 5-log reduction in microbes (99.999% reduction) and disinfection refers to kill 100% of live microbes.

Sanitización significa la reducción de microorganismos en 5 ciclos logarítmicos (reducción del 99.999%) y la desinfección refiere la destrucción del 100% de microorganismos.

2. Michael J. Mahovic, research associate, Plant Pathology Department; Steven A. Sargent, professor, Horticultural Sciences Department, Jerry A. Bartz, associate professor, Plant Pathology Department, Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville 32611.

El uso de nombres comerciales citados en esta publicación es sólo con el propósito de brindar información específica. El Instituto (UF/IFAS) no garantiza los productos nombrados, y las referencias a ellos en esta publicación no significa nuestra aprobación a la exclusión de otros productos de composición comparable. Todos productos químicos deben ser usados de acuerdo con las instrucciones en la etiqueta del fabricante. No use este producto sin que la etiqueta no haya sido explicada/traducida ampliamente. Use pesticidas con cuidado. Lea y siga las instrucciones en la etiqueta del fabricante.

estos son más resistentes al ataque de patógenos que otros productos, tales como brócoli, que no forman una zona de separación y deben ser cortados de la planta.

Una vez cosechados, las frutas y vegetales tienen una vida postcosecha limitada. Ellos no recibirán nunca más agua y nutrientes de la planta. Naturalmente, en el producto, ocurre la senescencia y esto conduce a un ablandamiento de los tejidos y frecuentemente a la pérdida de preformadas sustancias antimicrobianas. Estos cambios en la calidad del fruto o vegetales los hace también menos deseables para los consumidores. Esta correlación entre senescencia, susceptibilidad a la descomposición y pérdida de la calidad comestible tiene gran impacto sobre los métodos de control de la descomposición. Por lo tanto, los métodos de manejo que preservan la calidad fresca de la cosecha probablemente son para minimizar el desarrollo de la descomposición.

Aunque los patógenos están presentes en todas las áreas de producción cuando el tiempo llega a ser caliente y húmedo, la buena noticia es que el fruto puede ser protegido del ataque de estos patógenos por medio de la implementación apropiada de un programa de sanitización. Este boletín está diseñado para complementar la exploración del campo y dar guías de identificación para:

- describir importantes patógenos de la descomposición postcosecha para empacadores y embarcadores del tomate, y
- presentar guías de sanitización para controlar los patógenos de la descomposición durante la cosecha y las operaciones de manejo.

Identificando los Patógenos de la Postcosecha

Las dos clases principales de microorganismos que causan descomposición son las bacterias y los hongos. Otros tipos de patógenos de plantas son virus y nemátodos, y pueden ser responsables por las pérdidas postcosecha, pero no causan deterioro progresivo en los tomates. Por ejemplo, los signos de enfermedad por virus que se caracteriza por el marchitamiento, oscurecimiento y muerte de las hojas

de la planta (TSWV) no pueden ser visibles sobre la fruta verde cosechada recientemente. Sin embargo, a medida que la fruta infectada madura, la decoloración asociada claramente con la enfermedad no permite que la fruta sea vendible.

Enfermedades Bacterianas Postcosecha

Las bacterias son organismos unicelulares que rápidamente se multiplican y propagan, particularmente en el agua. Al igual que una capa delgada de agua, tal como una fruta mojada, contenedor del campo mojado, o sobre una maquinaria de la planta empacadora (packinghouse), puede ocasionar rápido movimiento y crecimiento de bacterias. El crecimiento bacteriano es viscoso y sin estructura. Películas de bacterias se pueden formar sobre las superficies húmedas. Estas películas llegan con el tiempo a ser pegajosas. Las películas recientes normalmente se dispersan rápidamente en el agua, mientras que las pegajosas o igualmente películas endurecidas (conocidas como biopelículas o biofilms) resisten los esfuerzos del lavado (ver más abajo la sección de Sanitización de la Planta Empacadora) pero extienden las bacterias.

Ciertas bacterias, llamadas bacterias de la pudrición blanda, causan una enfermedad común y posible devastación postcosecha, llamada **pudrición blanda bacteriana**. El patógeno licúa el tejido de la fruta por degradación de la “goma pectínica que se hallan junto a las células de la planta (Fig. 1). La pudrición blanda bacteriana puede ser causada por lo menos por cuatro bacterias diferentes.



Figura 1. Una lesión típica causada por la pudrición blanda bacteriana.

La bacteria más común y agresiva de la “ pudrición blanda” son las cepas de *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*. Estas bacterias son ubicuas y han sido halladas en diversos lugares como en las aspersiones que salen de las olas del mar de la costa de California, en la nieve de las montañas Rocky, en las filtraciones de agua en unas cuantas localizaciones, y en aguas superficiales cercanas a cualquier lugar. La *Erwinia* spp de la pudrición blanda puede crecer sobre la superficie de las plantas y causar una pudrición blanda en las partes carnosas de la plantas, en particular durante el tiempo húmedo. Ellas pueden ser extendidas por tormentas, insectos, el personal de cosecha, contenedores de recojo, y el equipo de la planta empacadora (packinghouse). Afortunadamente estas bacterias no pueden penetrar directamente a través de la piel cerosa de un tomate. Sin embargo, pequeñas magulladuras, al igual del tamaño de la abrasión de partículas de piedra, permiten a la bacteria infectar los tejidos del fruto. Adicionalmente el fruto puede internalizar a la bacteria (ver la discusión de abajo sobre la internalización). Las células dentro del fruto carecen de la cutícula y otras estructuras que protegen la superficie del fruto del ataque directo del patógeno. Por consiguiente, las bacterias de la pudrición blanda que son internalizadas inician lesiones que empiezan en las zonas internas más susceptibles del tomate (Fig. 2).



Figura 2. Un tomate cortado mostrando, coloreado de azul, la infiltración a través de los tejidos de la cicatriz del pedúnculo. Credits: M.J. Mahovic, UF/IFAS

Ciertas especies de *Pseudomonas*, *Xanthomonas* y *Bacillus* pueden causar una pudrición blanda en los tomates. El modo de acción, los signos, y el control

para estos patógenos son casi idénticos que para *Erwinia*.

La bacteria de la pudrición blanda rápidamente se dispersa en solución y ellas son rápidamente trasladadas por líquidos tales como el agua de los tanques de recepción, de los canales de transporte, o en el jugo del fruto descompuesto. La bacteria de la pudrición blanda puede igual pasar de una caja de cartón corrugado a otra caja adyacente cuando los cartones son humedecidos con el material descompuesto del fruto malogrado. Estas bacterias se dispersan rápidamente del fruto descompuesto ya sea por contacto directo o por el traslado del jugo o agua. La humedad relativa alta (90-95%), tal como la que se encuentra en los cuartos de maduración o en las cajas, favorece la supervivencia de estas bacterias así como potencia su habilidad para infectar las magulladuras. El agua libre sobre los tejidos dañados definitivamente facilita la infección. Las temperaturas altas de los frutos por arriba de 86 a 95°F (30 a 35°C) son asociadas con un rápido desarrollo de la pudrición blanda bacteriana, tal así que el período entre la inoculación y la presentación de la pudrición blanda puede ser menos de 18 horas.

Un segundo tipo del deterioro bacteriano que fue descubierto relativamente en forma reciente es la **enfermedad tipo pudrición-ácida** causada por la bacteria que produce ácido láctico. Estos organismos son también de naturaleza ubicuos y son similares a los responsables del proceso de encurtido de los pepinillos. Nosotros hemos recolectado muestras de frutos y de ambientes en diferentes plantas empacadoras (packinghouses) en los que se hallaron la bacteria del ácido láctico. Ellas están posiblemente presentes sobre el equipo, sobre el fruto que viene del campo, y en los líquidos de los frutos descompuestos. En los ensayos de laboratorio con tomates, estas bacterias ocasionaron una lesión ligeramente blanda parecida a la que produce la bacteria de la pudrición blanda, pero el líquido de los tejidos dañados fue bastante ácido y el olor fue como si fuera un encurtido. A diferencia de la enfermedad de pudrición ácida causada por un hongo (ver debajo), no hubo evidencia de estructuras fúngicas. Estas bacterias de ácido láctico son gram-positivas.

Enfermedades Fúngicas de Postcosecha

Los **hongos** son microorganismos filamentosos comúnmente conocidos como mohos. En la naturaleza, ellos aparecen frecuentemente como filamentos juntos parecido a algodón. Muchas especies fúngicas pueden causar la descomposición de los tomates y, asemejen por bacterias, ellas acostumbran a reproducirse muy bien en calor y condiciones de humedad. Los hongos son generalmente más difíciles de erradicar que las bacterias – las células fúngicas son mucho más grandes y producen esporas que son altamente resistentes a la sequedad y a otras condiciones ambientales agresivas o estresantes. Las esporas solas – pueden formar cuántas estructuras de células reproductivas que se dispersan por el agua o viento así como también por animales y equipos.

El patógeno de **podrición-ácida**, *Geotrichum candidum*, de hecho es un tipo de levadura. Su crecimiento sobre lesiones del fruto muestra una espesa, masa gelatinosa, que asemeja a queso "cottage" (Fig. 3). El daño ocasionado puede al inició ser relativamente firme como en tomates encurtidos, pero después los tejidos se descomponen en forma similar al ocasionado por la bacteria del ácido láctico, es por esta razón el nombre de la enfermedad, podrición ácida.



Figura 3. Un tomate roma con la podrición ácida de *Geotrichum*. Credits: S.A. Sargent, UF/IFAS

Un segundo común patógeno fúngico es *Rhizopus stolonifer*, que dentro del grupo de hongos, es el moho del pan. Este patógeno crece muy agresivamente al igual sobre la fruta refrigerada. En tomates la **podrición de *Rhizopus*** se presenta con formaciones llenas de agua y pueden exudar un líquido claro. La superficie de la lesión puede estar cubierta con una capa delgada de estructuras fúngicas parecida a algodón (especialmente bajo

condiciones de humedad). Los tejidos dentro de la lesión son frecuentemente mantenidos juntos en relación al grueso de los filamentos fúngicos de micelios. La esporulación oscura puede coronar con un ramillete blanco de *Rhizopus*. El micelio puede infectar al fruto adyacente a través de sus aberturas naturales o magulladuras mecánicas, dando lugar a un anidado de mohos y a un fruto descompuesto (Fig. 4). Las esporas son extremadamente pequeñas y ligeras que pueden ser transportadas por las corrientes de aire para infestar nuevos frutos, pudiendo ser lejos de la fuente de contaminación. Bajo condiciones favorables, se ha observado que el *Rhizopus* puede crecer a cortas distancias sobre superficies secas, tales como palets y cajas de cartón corrugado, y puede sobrevivir por meses en residuos de frutos dejados en contenedores de recojo y del campo.



Figura 4. Una caja de cartón corrugado de tomates con "anidado" de podrición de *Rhizopus* (y algún hongo secundario). Credits: J.A. Bartz, UF/IFAS

La *Phytophthora*, or **podrición de semillas** (buckeye rot), frecuentemente causa una podrición circular que parecen formaciones llenas de agua, para después oscurecer en el centro y/o llegar a ser más grande, extendiéndose a los lados el micelio blanco (Fig. 5). El patógeno pertenece a un grupo de microorganismos con frecuencia referido como "mohos de agua", debido a que sus partes vegetativas de infección son dispersadas por el agua. Por lo tanto, la podrición de semillas con frecuencia se desarrolla en el campo sobre los frutos que crecen cerca a la tierra, donde se han formado pequeños depósitos de agua. Los signos iniciales aparecen como pequeñas decoloraciones en la superficie del fruto. En la fruta cosechada, estas decoloraciones pueden ser observadas por el personal que clasifica. Estas decoloraciones pueden llegar a ser más grandes y este patógeno puede trasladarse del fruto enfermo al fruto sano adyacente. La podrición de las semillas es rara durante las estaciones de

producción normal pero es frecuente durante los períodos húmedos, particularmente si existe el depósito de agua en los campos.



Figura 5. Diferentes etapas de la pudrición por *Phytophthora* (similar a la pudrición por *Phoma*). Credits: J.A. Bartz, UF/IFAS

La pudrición de moho negro aparece sobre los costados de la cicatriz del pedúnculo o sobre la cicatriz de la parte distal del fruto que ha sido dañada por enfriamiento, deficiencia de calcio, exposición al sol, factores climáticos que causan agrietamiento (por ejemplo, altas temperaturas y fuerte caída de lluvia), pesticida fitotóxico, o poros imperfectos de estilo cerrado (que producen mal formación). Varios patógenos diferentes pueden causar pudrición de moho negro incluyendo *Alternaria arborescens*, *Stemphyllium botryosum* o *S. consortiale*. Las lesiones son inicialmente áreas hundidas o aplanadas asociadas con un agrietamiento u otro daño, ellos rápidamente llegan a ser cubiertos con un moho marrón oscuro a negro. Las lesiones internas pueden desarrollarse desde un poro de estilo infectado. Esta enfermedad usualmente no se extiende de un fruto a otro dentro de las cajas (Fig. 6). Los frutos verdes son bastantes resistentes a menos que ellos sean expuestos a temperaturas de enfriamiento, o ellos tengan la pudrición en la parte distal del fruto, o ellos hayan sido dañados por ciertas mezclas de spray.



Figura 6. Una fruta con daño por una uña (flecha) que más tarde desarrolló una pudrición por moho negro. Credits: M.J. Mahovic, UF/IFAS

La pudrición por *Fusarium* (Fig. 7) puede desarrollarse en tomates que están en contacto con el suelo y /o han sido enfriados en el campo. La superficie de las lesiones están cubiertas con un ramillete algodonado de micelio blanco que tiene varias tonalidades que van desde sombras de rosado y del naranja al violeta.



Figura 7. *Fusarium* empezando de la cicatriz del pedúnculo Credits: J.A. Bartz, UF/IFAS

Varios otros hongos pueden infectar el fruto del tomate en el campo y permitir el deterioro postcosecha. **La enfermedad caracterizada por lesiones en la forma de marcas concéntricas** (*Corynespora cassiicola*) se desarrolla sobre los tomates (plantas y frutos) durante períodos largos de humedad alta y temperaturas de ambiente cálido (Fig. 8). Las lesiones del fruto son pequeñas, marcas marrones oscuras que se agrandan y se dividen en dos partes a medida que la fruta madura. A diferencia de la pudrición por *alternaria* que se desarrolla en los costados, la enfermedad caracterizada por lesiones en la forma de marcas concéntricas se desarrolla en cualquier lugar de la fruta. **La pudrición por *Phoma*** (*Phoma destructiva*) empieza en la parte distal del fruto como marcas negras hundidas con bordes llenos de agua y anillos centrados oscuros, similar en apariencia a la enfermedad caracterizada por lesiones en la forma de marcas concéntricas. **La antramosa**, causada por *Colletotricum* spp. se desarrolla desde la maduración inicial hasta en el fruto sobremaduro, regularmente durante las condiciones cálidas y húmedas. **La pudrición por *Cladosporium***, causada por *Fulvia fulva*, se desarrolla bajo condiciones de alta humedad, comúnmente en invernaderos. **El moho gris** o pudrición del fruto por *Botrytis* se desarrolla durante las condiciones húmedas o frías particularmente si los suelos están bajos en calcio y las plantas han

empezado a senescer. El patógeno, *Botrytis cinerea*, tiene un rango amplio de hospederos y es un excelente saprófito, aparece como un indefinido, moho coloreado de gris sobre las superficies de las lesiones. En la cosecha, algunas de las infecciones del fruto pueden estar latentes o aparecer muy pero muy pequeñas que escapan la detección en la línea del empaquetado. Sin embargo las infecciones continúan desarrollando durante el embarque y la venta, ocasionado que la fruta afectada no sea vendible. Ciertas infecciones por *B. cinerea* impiden una evolución satisfactoria del fruto a medida que este madura. Estas lesiones pueden presentarse en pequeñas áreas, frecuentemente circulares llamadas **marcas de fantasmas** (ghost spots), debido a los pequeños anillos blancos formados sobre el fruto.



Figura 8. La enfermedad caracterizada por lesiones en la forma de marcas concéntricas desarrolla en cualquier lugar de la superficie del tomate. Credits: J.A. Bartz, UF/IFAS

La enfermedad caracterizada por lesiones en la forma de marcas concéntricas, la pudrición por Phoma, y la antraxa raramente se expanden de una fruta a otra dentro de las cajas de cartón corrugado. Sin embargo la pudrición de la fruta por *Botrytis* no se extiende, permitiendo la formación de erupciones.

Cada una de las enfermedades pueden producir puntos de entrada para patógenos más agresivos, tales como los microorganismos responsables de la pudrición por *Botrytis* o pudrición ácida.

Controlando los Patógenos

Sanitización del Campo

La implementación de las buenas prácticas de agricultura (BPA) en el campo y en la cosecha favorecen grandemente a la prevención de la mayoría de las pudriciones del fruto postcosecha. Sin embargo, los períodos de lluvias continuas de

otoño o temperaturas de enfriamiento pueden incrementar las pérdidas por descomposición a pesar de las BPA. Además de las estrategias para el control de enfermedades, la BPA deberían incluir el control de la mordedura de los insectos que crean daños en la superficie del fruto. El manejo de plantas debería contribuir al movimiento del aire sobre la superficie de ellas, especialmente en aquellas capas de hojas externas ocultas debajo. Este movimiento de aire es necesario para secar las gotas de agua que se forman por condensación en la superficie de las plantas durante la noche o la lluvia de otoño. Las operaciones de negociación y cosecha deberían ser postergadas hasta que se haya secado la humedad libre de las copas de las plantas, debido a que las plantas húmedas son más inclinadas a los daños mecánicos (facilidad para crearse lesiones), y el agua libre favorece la extensión, supervivencia, y crecimiento de los patógenos de la descomposición. El goteo, los surcos, o las filtraciones son preferidos a la irrigación por aspersión, debido a que ésta última humedece la superficie de las plantas.

Consideraciones de Seguridad de Alimentos

Ciertos patógenos humanos, incluyendo la bacteria perteneciente a las especies de *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia*, o *Listeria* y ciertos virus pueden sobrevivir sobre o dentro del fruto fresco del tomate. Bajo ciertas condiciones, las bacterias pueden multiplicarse. Fuentes de patógenos humanos incluyen trabajadores infectados, animales domésticos y silvestres, excremento crudo de animales, equipos contaminados/contenedores/camiones, pastura próxima que sirve de alimento para los animales, o los corrales de los animales así como también aguas superficiales, tales como inundaciones o lagos. La dispersión se desarrolla en el fruto cosechado por contacto directo o a través del contacto con la salpicadura de la lluvia, el rociado del aerosol, el agua residual, o la irrigación por aspersión con agua superficial.

Puesto que los patógenos humanos no afectan visiblemente a la fruta, su presencia puede ser desconocida en el tiempo de empaquetado y venta. Sin embargo, los consumidores pueden ser infectados, y un brote de enfermedad alimentaria puede tener un

efecto devastador no sólo para la planta empacadora (packinghouse), sino también para la industria entera. Afortunadamente, los pasos de sanitización que controlan los patógenos de la pudrición de los frutos, también controlan los patógenos humanos.

Para más información recomendamos las publicaciones de seguridad de alimentos en el manejo de productos frescos, ver las referencias al final de este boletín.

Sanitización de la Planta Empacadora (Packinghouse)

La posibilidad para el desarrollo del deterioro del fruto después de la cosecha es menor si las plantas están secas o libre de descomposición en el tiempo de la cosecha. Sin embargo, debido a que el fruto cosechado prácticamente siempre tiene algún nivel de contaminación con patógenos de la descomposición, se deben tomar medidas para prevenir la contaminación del fruto cuando los tomates son transferidos al tanque de recepción (Fig. 9). La sanitización suficiente requiere de la inactivación de los microorganismos recientemente introducidos en el agua del tanque de recepción, dentro de aproximadamente 10 segundos del contacto inicial. Los microbios suspendidos que no murieron dentro de los 10 segundos pueden introducirse por las magulladuras o la cicatriz del pedúnculo de los tomates y de este modo quedarían protegidos de los tratamientos antimicrobianos. “La vigilancia” es la palabra clave en la prevención del deterioro. En la sección siguiente, se presentarán consideraciones claves para establecer las buenas prácticas de manufactura (BPM) para mantener las condiciones sanitarias durante el manejo y empacado del tomate.



Figura 9. Un tomate infectado puede extender el inóculo a los tomates sanos en el tanque de recepción Credits: S.A. Sargent, UF/IFAS

Internalización del microorganismo: El movimiento de la bacteria viva o estructuras fúngicas dentro de los tejidos del fruto conducen a una situación que no puede ser corregida. Este movimiento es conocido como *internalización* y esto ocurre vía absorción a través de los poros de agua en la superficie del fruto. Los poros de agua están presentes cuando la superficie del fruto está congestionado de agua, tales como cuando los tomates son cosechados de plantas húmedas. La cicatriz del pedúnculo es un ejemplo de donde los poros de agua pueden estar localizados. Al contacto de los poros de agua, con agua conteniendo partículas suspendidas (tales como estructuras de microorganismos) lo transportan rápidamente (en menos de 60 segundos) debido a las fuerzas capilares del interior del fruto. Por el contrario, las superficies secas están protegidas contra la internalización del agua debido a una capa de aire y a la cera del fruto.

Infiltración del microorganismo: Sin embargo, las superficies secas pueden ser penetradas por las suspensiones de agua a través de un proceso llamado infiltración. La *infiltración* ocurre cuando la presión externa del líquido que contacta con la superficie del fruto supera la resistencia hidrofóbica natural de la cera y/o resistencia de las burbujas de aire en las aberturas de la superficie del tomate. Por ejemplo, la infiltración ocurre cuando los tomates calientes son sumergidos en el agua fría en tan corto tiempo como de 5 a 10 minutos. A medida que el fruto se enfría, el aire dentro de los tejidos se contrae, creando un vacío que permite al agua de su alrededor (y microbios suspendidos) ingresar por las aberturas tales como la cicatriz del pedúnculo o por la cicatriz defectuosa de la parte distal del fruto (Fig. 10). La infiltración puede también ocurrir cuando los frutos son afectados por la corriente de agua de alta presión tales como cuando los tomates son transportados por canales desde una góndola. Nosotros hemos notado que algunas variedades de tomate son más probables para absorber agua durante el manejo de postcosecha que otros y actualmente estamos seleccionando las variedades que mejor se comportan.

Varios procedimientos pueden minimizar la infiltración en los tomates.

- El calentamiento del agua del tanque de recepción en 10°F (cerca de 5°C) por arriba de la temperatura de ingreso de la pulpa del tomate, se elimina el enfriamiento de la fruta.
- Limitando el tiempo de permanencia a menos de 2 minutos de los tomates en los tanques de recepción y en los canales de transporte, y minimizando el contacto de los tomates con grandes corrientes de agua de las góndolas, se reducirán la posibilidad de infiltración.



Figura 10. La infiltración de la bacteria de pudrición blanda a través de la parte distal del tomate conduce a su descomposición durante el almacenamiento. Credits: M.J. Mahovic, UF/IFAS

Sanitización del agua recirculada: El cloro ha sido ampliamente usado en la sanitización del agua por muchos años. Se han propuesto y probado varias alternativas a la cloración del agua, de los tanques de recepción del tomate; sin embargo ninguna de las alternativas parece ser tan eficiente como el cloro, debido a su bajo costo y su fácil aplicación. Un importante factor en la efectividad del cloro es cuán rápido puede matar microorganismos. En las pruebas de laboratorio, la bacteria de pudrición blanda fue mezclada con el agua que simuló las condiciones del empacado en la planta empacadora (packinghouse). Luego, los tomates con magulladuras y la zona de la cicatriz del pedúnculo se sumergieron en el agua. Más tarde, se presentó descomposición sobre los tomates que fueron sumergidos por sólo 5 a 10 segundos. Como resultado de esta rápida internalización, las bacterias no fueron afectadas por el secado u otros tratamientos de superficie; ellas fueron capaz de crecer e iniciar la pudrición blanda. Pero cuando el cloro estuvo presente en el agua antes que se adicionara la bacteria de la pudrición blanda, los

frutos sumergidos fueron protegidos de la contaminación y nunca presentaron descomposición.

La base de la química del cloro: La cloración requiere de la conducción de unos cuantos pasos simples si se desea ser efectivo. Los pasos son enteramente basados sobre cómo el cloro actúa como un desinfectante.

En esta sección se enfocará sobre tres factores que causan las reacciones del cloro, que ocurren en forma muy rápida, denominados, incremento de la demanda de cloro, incremento en la temperatura del agua, y el decrecimiento del pH de la solución.

La mayor parte de los bactericidas y fungicidas inactivan los microorganismos por inhibir algún proceso esencial o por interrumpir funciones vitales de la membrana celular del patógeno. Por el contrario, el cloro reacciona y destruye los compuestos químicos esenciales, constituyentes de los microorganismos. Como estos elementos esenciales son cambiados químicamente, el microorganismo primeramente para de crecer y luego es completamente inactivado. Durante este proceso de destrucción de microorganismos, el cloro que ha reaccionado pierde la capacidad de inhibir o matar microorganismos. Si el agua recirculada se desea mantener sanitizada, el cloro inactivo debe ser reemplazado por cloro activo.

La calidad del agua afecta la eficacia del cloro. Los materiales que reaccionan con el cloro son llamados la *demanda de cloro*, y estos incluyen los tomates, los microbios en los tomates, y los sedimentos orgánicos e inorgánicos que se acumulan en el agua del tanque de recepción. El cloro libre es el cloro que no reaccionó en el agua clorada y esta es la forma de cloro que mata a los patógenos. Este cloro continuamente actúa en respuesta a la demanda de cloro hasta destruir a los microorganismos o el cloro se haya terminado. Un sistema de agua recirculado tal como un tanque de recepción contiene ambos tanto cloro libre como cloro reaccionado, los cuales juntos son llamados cloro total. Así como los tomates son descargados o vaciados durante el empacado, la demanda de cloro se incrementa y la concentración de cloro libre disminuye a menos que se adicione cloro activo. Por

esta razón, el agua debería siempre ser controlada para **cloro libre**, y no para cloro total.

El pH del agua también afecta la eficacia del cloro libre. Cuando el cloro gaseoso o la solución de hipoclorito se adiciona al agua, dos compuestos de cloro libre son rápidamente formados, el ácido hipocloroso y el ión hipoclorito. Estas dos formas de cloro libre son medidas juntas como la concentración de cloro libre. Sin embargo, el *ácido hipocloroso* es de 20 a 300 veces más tóxico para los microorganismos que el ión hipoclorito, y la proporción de estos químicos en la solución es principalmente controlada por el pH. A un pH del agua de 6.0, el 97% del cloro libre está en la forma de ácido hipocloroso, mientras el restante es el ión hipoclorito; a un pH 9.0 estas proporciones se invierten. A un pH 7.5, la proporción de ácido y ión es aproximadamente 50:50. Aunque el cloro libre es más activo en destruir microorganismos a un pH 6.0 comparado con 7.5, la corrosión del equipo es más alta. Por lo tanto, manteniendo el pH del agua cerca a 7.0 (neutro) es una buena meta, donde cerca del 75% del cloro libre está en la forma de ácido hipocloroso. El agua en Florida es generalmente alcalina, y el ácido muriático y el gas dióxido de carbono son acidificantes efectivos.

La temperatura del agua es también un factor por el que las reacciones químicas usualmente ocurren más rápidamente a medida que la temperatura de los reactantes se incrementa. Por lo tanto, el calentamiento del agua del tanque de recepción es beneficioso en la reducción de la infiltración microbiana, así como se explicó anteriormente, pero también esto acelera la pérdida de cloro libre.

Para la sanitización efectiva, el tanque de recepción debe ser *frecuentemente monitoreado* para cloro libre, el pH, y la temperatura del agua durante el transcurso del día del empacado. Sistemas automatizados usando el potencial de oxidación-reducción (POR) y los probadores de pH proporcionan un excelente control del agua. Los probadores pueden contaminarse exteriormente, sin advertencia; por lo tanto, nosotros recomendamos que se hagan lecturas manuales y se registren cada 30 a 60 minutos para asegurar la apropiada operación del

equipo. La mantención de registros es importante en la aplicación de un método confiable de rastreamiento (traceback) que resuelva el problema de determinar el origen de un brote de descomposición durante el manejo, embarque o venta. El equipo electrónico manual de POR y los medidores de pH, los kits de test de cloro libre y el test de tiras son muy confiables para lecturas manuales.

Basado en la discusión anterior sobre la patología postcosecha y la química del cloro, el agua del tanque de recepción puede estar sanitizada manteniendo constante de 150 a 200 ppm de cloro libre a un pH de 6.5 a 7.5. Bajo estas condiciones el agua no dispersará o acumulará los patógenos de la descomposición o patógenos humanos.

Una explicación más completa de la química del cloro, los efectos del pH, las fuentes de cloro, medición, y una guía de mezclas está disponible en la literatura (Ritenour, et al., 2002).

Otras Fuentes de Inoculación

Los patógenos pueden ser dispersados en el fruto a través del *equipo contaminado o trabajadores*. Por lo tanto, los contenedores del campo, las góndolas, las herramientas de cosecha, y los contenedores de cosecha deberían ser regularmente limpiados y desinfectados. Todos los trabajadores deberían ser instruidos sobre la importancia de la sanitización y sobre los hábitos personales apropiados incluyendo el lavado de manos. Los servicios higiénicos deberían ser regularmente limpiados y sanitizados. Las estaciones del lavado de manos deberían ser ubicadas convenientemente fuera de los servicios higiénicos así como también cerca a las bandas de selección de las líneas de empacado. Los trabajadores deberían ser motivados a lavarse frecuentemente las manos a lo largo del día. Los trabajadores quienes están han estado recientemente enfermos no deberían ser permitidos trabajar directamente con el fruto.

Los daños mecánicos, tales como cortes, pinchazos, abrasiones, y golpes o presiones localizadas proporcionan probablemente los sitios donde pueden ocurrir la infección. Los

procedimientos de manejo con suavidad durante las operaciones de cosecha deberían ser obligados para minimizar los daños en los frutos. La separación completa de los frutos dañados es esencial para minimizar más tarde el desarrollo de la descomposición postcosecha. El área de selección de la línea de empacado debería ser bien iluminado de modo que los frutos dañados sean fácilmente retirados. Los tomates pueden tener contaminación cruzada por ciertos tipos de patógenos de la descomposición y otros microorganismos indeseables, por varias vías como movimiento del aire, insectos, y animales. Por lo tanto, el área del empacado, los cuartos de maduración, y las áreas de almacenamiento deben ser mantenidas libres de roedores, pájaros, e insectos, los cuales pueden dispersar varios microorganismos indeseables o igualmente ser la fuente de tales organismos.

Los frutos retirados pueden hospedar patógenos y por ello nunca deberían mantenerse acumulados cerca del servicio de empacado. Los camiones y trailers acostumbrados a transportar los tomates deberían ser inspeccionados en limpieza y limpiados y sanitizados, si es necesario antes de ser cargados. Si el camión previamente ha transportado productos animales, debería ser lavado con agua corriente antes de ser permitido transportar los tomates.

Los tomates son frecuentemente cosechados a temperaturas que son ideales para el desarrollo de la descomposición, por ejemplo sobre los 86°F (30°C). En nuestras pruebas, los tomates que fueron inoculados con la bacteria de la pudrición blanda desarrollaron descomposición después de 18 horas a 86°F. Por el contrario, cuando los tomates inoculados fueron manejados a 68°F (20°C), la temperatura ambiente de maduración recomendada, las lesiones de pudrición blanda no aparecieron hasta después de 3 días o más. En realidad, los tomates inoculados, frecuentemente no desarrollan ninguna descomposición de pudrición blanda cuando son almacenados a 68°F. Por consecuencia, tan pronto como sea posible, se deberían hacer esfuerzos por eliminar el calor del campo de los tomates recientemente cosechados, con el objeto de reducir la descomposición postcosecha.

Resumen de Recomendaciones

Se dan las siguientes recomendaciones para una efectiva eliminación de patógenos de los sistemas de agua recirculada:

- Mantener la concentración de cloro libre de 150 a 200 ppm y un pH de 6.5 a 7.5.
- Caliente el agua del tanque de recepción y de los canales de transporte por lo menos en 10°F (cerca de 5°C) por arriba de la temperatura de la pulpa de tomate.
- Mantener el tiempo de inmersión por menos de 2 minutos para minimizar la infiltración del agua en el tomate.
- No permita que los tomates floten en el agua durante los cambios de turno o períodos de tiempo más largos; evite que los tomates permanezcan estancados en el sistema canalizado de transporte (mantenga el flujo del agua corriente).
- No permita que los tomates se acumulen más de una sola capa en el tanque de recepción, para minimizar la presión del agua y la infiltración en el fruto.
- Use un sistema automatizado para cloro continuo y control de pH, con registros de medidas manuales cada hora. Si el sistema manual de medidas indica que el sistema automatizado no es confiable, las lecturas se deben realizar con más frecuencia.
- Drene el tanque de recepción, remueva los sedimentos, sanitice, enjuague, y vuelva a llenar con agua potable.
- Siga las regulaciones locales o disposiciones para el agua tratada, cumpla con todas las etiquetas de los químicos (para el cloro, acidificante, etc.); *la etiqueta en el envase es ley!*
- Los tomates no deberían ser colocados en cuartos de maduración con etileno (tratamiento con etileno) por más de 5 días (Fig 11); 3 días es el máximo que se prefiere para la mejor calidad. El tiempo prolongado (debido a una proporción extremadamente alta de tomates

cosechados inmaduros) favorece al crecimiento de mohos durante el tratamiento con etileno y en el almacenamiento.

- Los contenedores de plástico son más fácilmente sanitizados que los contenedores de maderas sin pintar. Las superficies que directa o indirectamente contactan con los tomates deberían ser regularmente limpiados y sanitizados (tachos de recojo, contenedores, góndolas, componentes de la línea de empacado, palets); cuartos de tratamiento con etileno y manejo, pisos, y tuberías de refrigeración deberían también ser limpiados con frecuencia.
- Los compuestos de amonio cuaternario son sanitizantes efectivos sobre el equipo pero no pueden ser aprobados para contacto directo con los alimentos. El contenedor y las superficies de la línea de empacado tratada con estos compuestos pueden causar daño químico a los tomates. Antes de volver a usar todas las superficies tratadas se deberían enjuagar completamente con agua potable. *En particular los tanques de recepción limpiados con compuestos de amonio deberían ser completamente enjuagados con agua antes de ser llenados con el agua clorada. Los compuestos de amonio reaccionan rápidamente con el cloro formando gases nocivos.*
- Las facilidades del lavado de manos deberían darse en todos los puntos del manejo, empezando en el campo. Los empleados deberían lavar completamente sus manos con jabón después de cada uso de los servicios higiénicos. Los desinfectantes de mano “que no usan agua” son buenos complementos para después del apropiado lavado de las manos, pero no son sanitizantes efectivos cuando son usados únicamente.

La sanitización debe ser efectiva en cada paso del manejo a través de la cosecha. Una estrategia efectiva de BPA/BPM para la sanitización incorpora las recomendaciones anteriores en el adecuado control de los patógenos de la descomposición.



Figura 11. El tratamiento con etileno por más de 5 días puede conducir a un crecimiento secundario de hongos durante el manejo y el embarque. Credits: M.J. Mahovic, UF/IFAS

Información Adicional

U.S. Dept. of Health and Human Services. Center for Food Safety and Applied Nutrition. 1998. Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh Fruits and Vegetables. Washington DC. (www.foodsafety.gov/%7Edms/prodguid.html)

Jones, J.B., J.P. Jones, R.E. Stall, and T.A. Zitter, eds. 1991. Compendium of Tomato Diseases. The American Phytopathological Society, St. Paul, StateMinnesota.

Ritenour, M.A, S.A. Sargent, and J.A. Bartz. 2002. Chlorine Use in Produce Packing Lines. UF/IFAS, Fla. Coop. Ext. Ser., HS761.Gainesville, Florida. (<http://edis.ifas.ufl.edu/ch160>)

Sargent, S.A., F. Maul, and cC.A. Sims. 1998. Implementing the Florida Premium-Quality Tomato Program. Proc. 1998 Florida Tomato Institute. PRO 111. University of Florida/Citrus & Vegetable Magazine. pp. 49-54.

Schmidt, R.H., R.M. Goodrich, D.L. Archer, and K.R. Schneider. 2003. General Overview of the Causative Agents of Foodborne Illness. UF/IFAS, Fla. Coop. Ext. Ser., FSHN033. Gainesville, Florida. (<http://edis.ifas.ufl.edu/fs099>)

Simonne, A., M.A. Ritenour, J.K Brecht, S.A. Sargent and K.R. Schneider. 2004. Proper Handwashing for Produce Handlers. UF/IFAS, Fla. Coop. Ext. Ser., FCS8762-Eng. Gainesville, Florida. (<http://edis.ifas.ufl.edu/fy656>)

White, C. 1999. Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants. 4th Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY.