

CAPÍTULO 9 III

POSCOSECHA DE TOMATE

María Cristina García Muñoz¹
Jorge Eliecer Jaramillo Noreña²
Viviana Patricia Rodríguez³

Según la FAO, la producción mundial de hortalizas supera los 750 millones de toneladas, cifra que ha venido creciendo en los últimos años dado el mayor interés de la población por temas de salud y bienestar. Entre la gran cantidad de hortalizas existentes, el tomate está en un lugar privilegiado, al ser el número uno en cuanto a producción (más de 120 millones de toneladas), área sembrada (alrededor de 4 millones de hectáreas) y volumen de exportaciones (más de 30 millones de toneladas); lo que marca una diferencia importante frente a las demás hortalizas y permite vislumbrar la importancia del tomate en la dieta de la población mundial. Por ende, se trata de un mercado altamente competido, el cual exige una oferta constante y un producto con calidad que cubra las expectativas de los consumidores en cuanto a inocuidad, sanidad, características organolépticas, nutricionales y ahora también funcionales, pues el tomate se considera una importante fuente de carotenoides (como el licopeno, principalmente), compuestos fenólicos y flavonoides a los que se les atribuye efectos contra el cáncer –especialmente de próstata– y contra enfermedades cardiovasculares (Arab, Steck y Harper, 2000; Barber y Barber, 2002; Giovannucci, 2005; Kun *et al*, 2006).

1. Ingeniera Química. MSc Food Technology. Investigador CORPOICA C.I. Tibaitatá. mcgarcia@corpoica.org.co

2. Ingeniero Agrónomo. MSc. Entomología. Investigador y coordinador Red Hortalizas CORPOICA C.I. La Selva. jejaramillo@corpoica.org.co

3. Ingeniera Agropecuaria. Profesional Asistente CORPOICA C.I. La Selva. vipar03@yahoo.es



En cumplimiento de estas expectativas, el manejo poscosecha juega un papel primordial, pues debe asegurar que el producto que llega al consumidor satisfaga sus estándares de calidad conservando las propiedades funcionales que se le atribuyen. Para esto existen unos índices de calidad que se toman como referencia y que determinan la aceptación o rechazo del producto por parte del consumidor. La poscosecha o posrecolección es el periodo transcurrido desde el momento en que los productos son recolectados hasta que son consumidos en estado fresco, preparados o transformados industrialmente. El manejo poscosecha incluye todas las operaciones y procedimientos tendientes no solamente a movilizar el producto del productor al consumidor sino también a proteger su integridad y preservar su calidad de acuerdo con su propio comportamiento y características físicas, químicas y biológicas (Zárate, 1991).

▶ **ATRIBUTOS DE CALIDAD**

Entre los factores que influyen en la discusión de compra de tomate –escogidos por cerca del 95% de los consumidores– está la apariencia, la frescura, la madurez, el sabor y el aroma, seguidos por el valor nutricional, precio y vida útil, con cerca del 60% (Cook, 2006; Schouten, *et al.*, 2007; García, 2001).

Entre los atributos de calidad del tomate cabe mencionar la forma, la cual debe ser redonda, globosa, aplanada u ovalada dependiendo de la variedad; y el tamaño, que no es un factor que defina el grado de calidad pero que puede ser utilizado como elemento de clasificación y de precio. El tomate debe ser sano e inocuo, con textura que se refleje en la integridad de las rodajas, la firmeza y jugosidad del tomate; estar entero y sin daños; y a su vez con una apariencia lisa, sin grietas o quemaduras por el sol; y sin daños por insectos o cualquier tipo de daño mecánico.

El color es muy importante, no solamente porque es uno de los parámetros tenidos en cuenta por el consumidor al momento de la compra, sino porque está muy relacionado con el contenido de licopeno, un compuesto de valor funcional. El sabor y su composición interna en términos de azúcares, ácidos, aromas volátiles y vitaminas, son otras de las características a tener en cuenta al calificar la calidad de un tomate (Figura 9.1) (Suslow y Cantwell, 1998).

La firmeza y el color son los criterios de mayor peso al momento de compra de tomate por parte del consumidor. En algunos estudios (Lesage y Destain,



1995; Van Dijk *et al.*, 2006; Batu, 2004) se ha encontrado que para que el tomate sea aceptado la firmeza debe estar entre 1,28 y 1,45 Newtons/mm; siendo los primeros muy adecuados para ensaladas, mientras que los segundos (los tomates más firmes) pueden estar inclusive en los supermercados en exhibición. En cuanto al color, se encontró que la relación a/b de los parámetros establecidos para su medición, según el medidor de color Minolta, está entre 0,6 y 0,95 del tomate que puede ser fácilmente comercializado. El parámetro 'a' determina las tonalidades rojas; mientras el 'b', las amarillas (Lesage y Destain, 1996; Batu, 2004; Van Dijk *et al.*, 2006).



Figura 9.1. Atributos de calidad buscados por el consumidor

Factores que determinan la calidad del producto

Entre los factores para asegurar el cumplimiento de estos atributos de calidad está el manejo cuidadoso que se haga del producto, los factores intrínsecos (como el grado de madurez al momento de corte) y factores extrínsecos, que determinan en gran medida el comportamiento y vida útil del tomate durante la poscosecha y comercialización (la temperatura, la humedad relativa y la composición de los gases, entre los más importantes).

Manejo

El aseguramiento de la calidad del producto está en el manejo cuidadoso que se haga del mismo (Figura 9.2). Los síntomas de daño de un producto hortifrutícola no se reflejan inmediatamente sino en etapas posteriores; por esto es muy importante capacitar al personal dedicado al manejo de este tipo de productos, ya que si se causa algún daño durante su recolección o en las etapas de acondicionamiento el deterioro se hará evidente cuando esté en exhibición. Los daños de tipo mecánico como magulladuras, fricción y cortaduras, además de deteriorar la presentación del producto, incrementan el daño por agentes biológicos. Se ha comprobado que productos con daño de tipo mecánico pueden presentar



hasta un 25% más de posibilidad de ataque por patógenos. De igual forma, la pérdida de agua también puede verse incrementada drásticamente por este tipo de heridas.



Figura 9.2. Selección y clasificación manual de tomate

Temperatura

Es el factor que mayor influencia tiene sobre la vida útil de un producto. Los productos frescos expuestos a condiciones extremas de calor o frío pueden sufrir daños fisiológicos, que conducen a un rápido deterioro. Así mismo, la exposición a cambios de temperatura oscilatorios ocasiona la acumulación de agua sobre la superficie del producto, lo cual favorece el desarrollo de patógenos.

A su vez, las altas temperaturas y la exposición a rayos solares causan quemaduras de la superficie, ablandamiento o desecación del producto; en cambio, temperaturas por debajo de los 10 °C pueden ocasionar daños por frío como reducción del aroma, dificultad para madurar e incremento de daño. Entre los síntomas más conocidos de daños por frío en tomate verde se encuentran el ablandamiento, la infiltración acuosa y la desecación interna; mientras que en el tomate maduro se presenta ablandamiento, maduración incompleta, podredumbre y color anómalo (Artés, 1999).

La temperatura generalmente aceptada para el almacenamiento convencional de tomate es de 12 °C, lo que le permite al producto mantener buen color, presentar un buen perfil de aroma y sabor, y evitar excesivas pérdidas de cantidad y calidad (Van Dijk *et al.*, 2006; Artés *et al.*, 1997; Polderdijk *et al.*, 1993).



Humedad

Así como el tomate, todos los productos frescos hortifrutícolas presentan un alto contenido de agua; por ello, una de las principales causas de deterioro está dada por la pérdida de esta, la cual se ve reflejada principalmente en el detrimento de su frescura y textura. Entre los factores que afectan la pérdida de agua están la humedad relativa, la temperatura del ambiente y la velocidad del aire. Entre mayor sea la temperatura del producto y la del ambiente que lo rodea la pérdida de agua será mayor, por lo que la humedad relativa debe ser alta (>85%) para evitar la deshidratación de los productos, pero no tan alta (>95%), pues puede favorecer el desarrollo de hongos y pudriciones tanto en la cicatriz del pedúnculo como en la superficie del fruto. La velocidad del aire debe propender por la homogeneidad del aire en la cámara, evitando acumulaciones de CO₂, etileno o focos de alta temperatura en almacenamiento; pero no deben ser tampoco tan altas como para que favorezca la deshidratación del producto (Wilson *et al.*, 1995).

Respiración

La respiración es la conversión de materiales orgánicos complejos como carbohidratos, proteínas y grasas en moléculas simples de fácil absorción. En esta reacción se utiliza oxígeno y se libera CO₂, vapor de agua y energía, en forma de calor principalmente. La velocidad de respiración determina en gran medida el tiempo de vida útil del producto y está directamente relacionada con la temperatura, de manera que a mayor temperatura, mayor es la velocidad de respiración. El tomate está clasificado como una hortaliza con una tasa de respiración moderada, por lo que la temperatura vuelve a ser un factor importante a controlar; por cada 10 °C que la temperatura se incrementa por encima de la óptima de manejo para un producto, su velocidad de deterioro se duplica o triplica (Boyette *et al.*, 1995).

Composición de los gases

Este es otro factor fundamental en la conservación de frutas y hortalizas, más aun en el caso del tomate, el cual es un producto climatérico productor y sensible al etileno. Además del etileno, la concentración de CO₂ y de O₂ también juega un papel importante en el control de la tasa de respiración del tomate, y con ello, en el tiempo de vida útil del mismo. Las tasas de producción de etileno por parte del tomate pueden considerarse moderadas; sin embargo, se tornan importantes en el almacenamiento por periodos prolongados de tiempo, pues el



etileno acelera los procesos de maduración llevándolos a alcanzar la senescencia en tiempos más cortos. Por esta razón se debe evitar la mezcla de productos con sensibilidad al etileno con productores de este último; de hecho, el tomate verde maduro no debe almacenarse con tomates maduros (Kader, 1992; Suslow y Cantwell 1998).

En resumen, puede decirse que la temperatura recomendada para el almacenamiento del tomate es de 12 °C, con la que se espera alcanzar tiempos de vida útil entre 2 y 3 semanas. En cuanto al uso de atmósferas controladas, se recomienda que sean de 3% en oxígeno y de menos de 3% en dióxido de carbono, así como la humedad relativa debe estar entre el 85% y 95%.

▶ OPERACIONES COSECHA Y POSCOSECHA DE TOMATE

Las operaciones básicas de manejo poscosecha de tomate comienzan en el mismo momento de la cosecha, puesto que en esta operación se hace una selección inmediata del producto que por una u otra razón ya no es susceptible de consumo y por ende debe ser descartado. En la Figura 9.3 se presentan las operaciones comúnmente realizadas al tomate para su posterior comercialización. El encerado no es considerado, ya que no es una actividad común en el manejo del tomate. El diagrama muestra una guía de lo que pueden ser las operaciones de cosecha y acondicionamiento del tomate para su comercialización; no obstante, debe ser algo flexible, pues en algunos casos se realiza primero la maduración y luego el almacenamiento, y en otros se almacena, madura y almacena nuevamente.

Cosecha

La cosecha del tomate es una actividad que influye directamente en la calidad final del fruto. Aunque existen múltiples factores precosecha que afectan la calidad y vida poscosecha, este capítulo solo tendrá en cuenta el manejo del tomate desde la cosecha, punto de partida o de inicio de la poscosecha, ya que esta operación tiene una gran influencia sobre el comportamiento después de la cosecha de cualquier producto. Cualquier manejo inadecuado del producto en esta etapa no podrá ser remediado y, por el contrario, será magnificado en las etapas posteriores. La gran mayoría de las pérdidas poscosecha son debidas a la manipulación no apropiada en cosecha, acondicionamiento, transporte y





Figura 9.3. Operaciones de cosecha y poscosecha de tomate

mercadeo. Una vez que el producto se ha deteriorado, no hay nada que hacer para recuperar su calidad. Por esto no se debe escatimar en cuidados para evitar que el producto sufra algún tipo de daño (Wilson *et al.*, 1995). En la Figura 9.4 se muestra la forma en que el trabajador se agacha, buscando reducir el impacto que sufre el tomate al ser depositado en el balde.

La cosecha debe realizarse cuando la temperatura es más baja, la humedad relativa es alta y hay un nivel de iluminación adecuado. La baja temperatura permite tasas de respiración más bajas, lo cual (sumado a humedades relativas altas) favorece la conservación del producto y reduce la tasa de deterioro. Un buen grado de iluminación permite a los recolectores inspeccionar el producto para asegurarse de cumplir con los requisitos establecidos para su recolección, tanto por el grado de madurez que presente como por su estado sanitario y mecánico (Wilson *et al.*, 1995). Es preciso que los tomates que no presenten estos requisitos mínimos de calidad sean descartados, lo que quiere decir que la selección debe hacerse desde el mismo momento de la cosecha.





Figura 9.4. Recolección de tomate bajo invernadero

Momento óptimo de cosecha

El momento más adecuado de cosecha depende de diversos factores, entre ellos el grado de madurez, el comportamiento de la oferta y la demanda, el tipo de mercado (si es para mercado en fresco o para agroindustria), y la distancia y preferencias del mercado (si es para exportación o para consumo local o nacional). El tomate puede ser cosechado en diferentes estados de madurez, gracias a su carácter climatérico. No obstante, es recomendable que todo el tomate sea recolectado en un mismo estado de madurez para facilitar su manejo a lo largo del eslabón de la poscosecha (Hertog *et al.*, 2004; Tijsskens *et al.*, 2005). El índice de madurez más utilizado en el caso del tomate, es el color de la piel (Tijsskens y Evelo, 1994).

Los tomates destinados al mercado en fresco son cosechados en un estado de madurez acorde con el tiempo entre cosecha y consumo. Cuanto más largo es este periodo (que incluye el transporte, almacenaje y comercialización) más inmaduros deben ser cosechados los frutos. En general, para mercados distantes los frutos son cosechados en estado verde maduro.

Antes de entrar a definir los diferentes estados de madurez, es importante precisar qué se entiende por madurez.

Maduración

Es el proceso fisiológico que ocurre en un periodo de tiempo como parte del crecimiento y desarrollo de una fruta. En muchos casos no hay crecimiento, sino



una transformación interna de la fruta que finaliza en un producto con sabor, aroma y color característicos que lo hacen atractivo para su consumo (García C. y García H., 2001; Central Mayorista de Antioquia, 2005).

Generalmente se manejan tres tipos de madurez: la comercial, la de consumo y la fisiológica; cada una de las cuales se define como:

o Madurez de consumo: momento en el desarrollo fisiológico en que el fruto alcanza las mejores características sensoriales de sabor, color, aroma, textura, consistencia, etc.

o Madurez de cosecha o comercial: etapa fisiológica en el desarrollo del fruto en la que al ser desprendido del árbol puede por sí solo continuar su desarrollo hasta alcanzar la madurez de consumo.

o Madurez fisiológica: se presenta cuando las semillas completan su desarrollo fisiológico y se encuentran aptas para su reproducción. En ocasiones la madurez de consumo se logra antes que la fisiológica, como en el caso de algunos duraznos, mangos o habichuelas, entre otros.

En el tomate esta madurez se reconoce en la parte inferior del fruto, que comienza a mostrar una coloración anaranjada, mientras que el resto de él permanece verde (Figura 9.5). El signo más visible de la maduración organoléptica en tomate es el cambio de verde a rojo, que se debe a la descomposición de la clorofila y a la síntesis de carotenoides; el segundo signo característico de esta maduración es el ablandamiento. Este cambio ocurre por la síntesis de la enzima poligalacturonasa, la cual es activa en la degradación de la pared celular y en el ablandamiento. La producción de esta enzima es iniciada por el etileno, lo que



Figura 9.5. Estado de madurez en tomate para cosecha



ayuda a explicar la importancia de esta hormona en la maduración natural y artificial de tomates (Jaramillo *et al.*, 2007).

De acuerdo con este índice, el tomate ha sido clasificado en seis estados de madurez (como se puede observar en la Figura 9.6) según la carta de color desarrollada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Usda.

Estado 1 - verde maduro: la superficie total del fruto es verde, variando el tono de verde según el cultivar.

Estado 2 - rompiendo: se da el inicio de cambio de color verde a amarillo, rosado o rojo en no más del 10% de la superficie del fruto.

Estado 3 - pintón: entre un 10% a un 30% de la superficie del fruto presenta color amarillo pálido, rosado-rojo, o una combinación de ambos.

Estado 4 - rosado: entre un 30% a un 60% de la superficie muestra color rosado o rojo.

Estado 5 - rojo claro: entre un 60% hasta un 90% de la superficie es de color rojo.

Estado 6 - rojo: más del 90% de la superficie es de color rojo.

Fuente: Standards for Grade of Fresh Tomatoes (7 CFR 51). U.S. Department of Agriculture. Tomato.org. En: <http://www.floridatomatoes.org>

La mínima madurez para cosecha debe ser el Estado 2, en el cual las semillas se encuentran completamente desarrolladas y no se cortan al rebanar el fruto, hay material gelatinoso en al menos un lóculo y se está formando en otros. Si se cosechan verdes, no pueden madurar bien y presentan una serie de características indeseables, mientras que los cosechados en estado verde-maduro maduran muy bien, sin presentar diferencias con los que maduran en planta.

El tomate tipo larga vida debe ser cosechado en un nivel más avanzado de madurez. Para este tomate se recomienda el nivel 4 o rosado, donde entre el 30% y 60% de la superficie del fruto presenta un color rosa-rojo (Suslow y Cantwell, 1998).

Organización de la cosecha

La planeación y supervisión durante la cosecha es muy importante para llevar a cabo esta tarea en el menor tiempo posible, exponiendo el producto al menor número de riesgos. Se debe informar al grupo que se encargará de la reco-



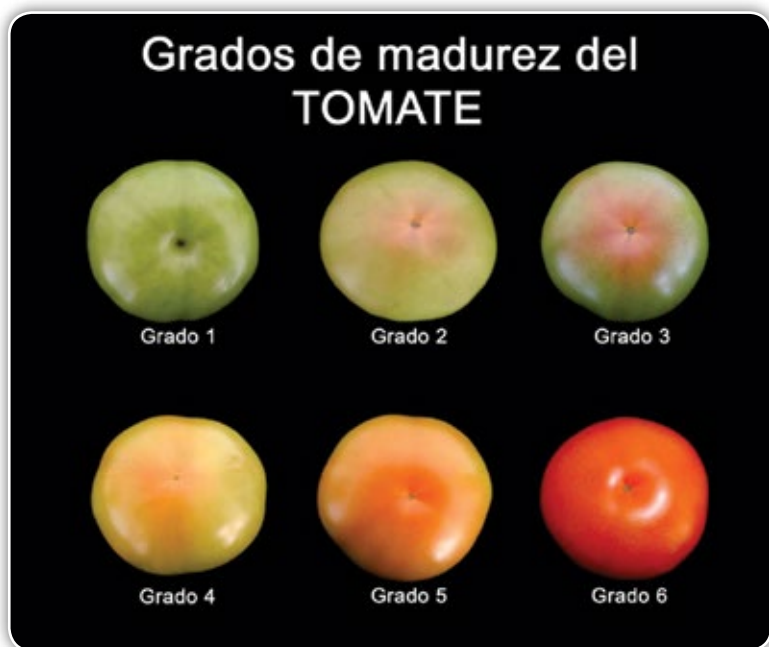


Figura 9.6. Carta de color de tomate

lección sobre las características que el tomate debe cumplir para su recolección, así como controlar los hábitos de limpieza y sanidad del personal que recolecta, contar con las instalaciones adecuadas para el aseo de las personas que tienen contacto con el producto e inspeccionar el producto cosechado para retirar aquel que no presente las características mínimas requeridas (Wilson *et al.*, 1995). Igualmente, se debe contar con los recipientes de recolección suficientes para evitar el sobrellenado de los mismos (Figura 9.7), asegurándose de que estén en buen estado y desinfectados.



Figura 9.7. Canastillas sucias y sobrellenas



En la cosecha manual es conveniente tener las manos limpias, cosechar solo los tomates que cumplen con las condiciones requeridas, hacer la recolección de manera ordenada (planta por planta), tomar el tomate con suavidad para evitar presionarlo y causar daños por compresión o rompimiento de la piel, y no tomar más tomates de los que se pueden transportar en la mano cómodamente, ya que esto incrementa el riesgo de caída o compresión de la fruta y reduce la eficiencia en la recolección. Por su parte, los recipientes de recolección deben ser amplios, poco profundos y apilables.

El tomate verde maduro presenta mayor resistencia mecánica, lo que significa que puede ser recolectado y transportado en recipientes más profundos que el tomate maduro. En la Figura 9.8 se aprecia la canastilla comúnmente usada para la recolección del tomate. En el momento de la recolección o durante el transvase a otros recipientes, el tomate debe ser depositado cuidadosamente en el recipiente y no arrojarse dentro de este, lo que evitará daños mecánicos por impacto (Figura 9.9). Los daños de tipo mecánico aceleran los procesos de respiración; los de tipo físico (como la deshidratación) deterioran la calidad del producto; mientras que los biológicos, además de reducir la calidad organoléptica, ponen en riesgo la inocuidad del alimento.



Figura 9.8. Canastilla utilizada para la recolección y transporte de tomate

Poscosecha

Después de cosechado, el producto debe ser manejado bajo técnicas que permitan mantener su calidad hasta la entrega al consumidor final, razón suficiente para evitar cualquier condición que incremente su tasa de respiración, ya que esto deteriora su calidad y disminuye su tiempo de vida útil.





Figura 9.9. Daño por impacto causado durante el transvase de tomate

Acondicionamiento

Es el conjunto de labores poscosecha que se realizan al producto con el fin de darle una mejor presentación, respondiendo a los requerimientos del mercado y protegiéndolo de las diferentes fuentes de daño que surgen a lo largo del proceso de distribución y comercialización. Entre las labores de acondicionamiento más comunes están: selección, preenfriamiento, lavado y desinfección, secado, clasificación, empaque y etiquetado. Finalmente vienen las operaciones de almacenamiento y transporte, en las cuales finalizan las labores poscosecha de comercialización de productos en fresco.

Selección

La selección es la operación que tiene como objetivo separar el tomate que no presenta características mínimas para su comercialización o consumo, debido a ataques por patógenos o daños mecánicos como cortes, rajaduras, cicatrices, abrasiones, magulladuras y otros.

Aunque la piel del tomate ofrece una buena protección contra el ataque de diferentes patógenos como *Alternaria*, *Botrytis*, *Rhizopus* y *Geotrichum*, las heridas que presenta la fruta son una puerta para estos microorganismos. Los tomates con este tipo de daños tampoco deben mezclarse con tomates en buen estado, pues esto facilita la dispersión de enfermedades en todo el lote de acondicionamiento.



La selección se lleva a cabo directamente en el lote y en el punto de acondicionamiento, operación que reduce la dispersión de enfermedades hacia los tomates en buen estado y evita posibles pérdidas poscosecha. No obstante, a lo largo del proceso de acondicionamiento es necesario realizar una permanente inspección y control de calidad del tomate, pues en cada una de las operaciones de acondicionamiento existe el riesgo de daño mecánico y de contaminación si no se realiza bajo las condiciones adecuadas.

Como se mencionó previamente, mantener el producto a bajas temperaturas favorece su conservación, es decir que entre más pronto el tomate sea sometido a enfriamiento mayor tiempo de vida útil puede alcanzar; de modo que la primera operación, una vez cosechado el tomate, debe ser el enfriamiento (Wilson *et al.*, 1995).

Preenfriamiento

Consiste en hacer descender lo más rápidamente posible la temperatura que tienen las frutas y hortalizas después de su recolección, hasta una temperatura conveniente que dependerá del tipo y variedad del producto, la duración del almacenamiento, su posterior transporte y el destino final de los productos. La reducción de la temperatura trae muchas ventajas al producto, como la disminución o supresión de la actividad enzimática y de la tasa respiratoria; además, inhibe o reduce el crecimiento microbiológico y aminora tanto la producción de etileno como la pérdida de agua, acciones que contribuyen a aumentar su vida útil.

Entre las diferentes alternativas para el enfriamiento del producto está el aire forzado y el enfriamiento con agua o con hielo (hidroenfriado) (Wilson *et al.*, 1995). Una temperatura de enfriamiento de 10 °C y una humedad relativa entre 90% y 95% permiten realizar almacenamientos hasta por una semana.

Aire forzado

Es una técnica sencilla donde es posible preenfriar tomates verde maduros con una corriente de aire a una temperatura menor a 5 °C sin que sea perjudicial para el producto (si el tiempo de exposición no es mayor a 24 horas).

Hidroenfriado

Este sistema se utiliza para enfriamiento rápido, en el cual se deben agregar 100 ppm de cloro al agua para evitar patógenos. Para enfriar los tomates de 30 °C a 15 °C se necesitan de 13 a 15 minutos y no hay peligro de daño por enfriamiento aunque el agua esté a menos de 5 °C; no deben ser sumergidos en el



agua, porque tienden a absorberla por el pedúnculo, razón por la que conviene hacerlo por aspersión.

Limpieza y desinfección

En esta operación de limpieza es necesario eliminar la suciedad y las materias extrañas de la epidermis de los tomates. Esta impureza tiene orígenes muy diversos: tierra, polvo, residuos de agroquímicos, hojas y microorganismos.

Principales fuentes de contaminación en un cultivo de tomate

- El agua utilizada en diferentes procesos como el riego, el lavado, la limpieza del producto, el lavado de las herramientas y la higiene del personal.
- Los abonos y los desechos orgánicos sin un manejo apropiado.
- La contaminación química por medio de los insumos utilizados en cultivos en localidades vecinas.
- La falta de limpieza e higiene del personal.
- La falta de higiene de las instalaciones de clasificación y empaque del producto.
- La presencia de plagas como roedores y animales silvestres y domésticos en los cultivos e instalaciones de manejo del producto.
- El medio utilizado para el transporte del producto y los diferentes insumos aplicados en el sistema de producción.
- El equipo y los utensilios utilizados para la cosecha cuando no se lavan o desinfectan de manera apropiada.

Dependiendo del tipo de contaminación se puede hacer una limpieza simple, frotando el fruto con un paño húmedo, o una limpieza y desinfección simultánea para reducir la manipulación del tomate (Figura 9.10). Esto se hace mediante el uso de agua clorada, ya sea por aspersión o por inmersión. La desventaja en este caso es que la eficiencia del desinfectante se reduce por la presencia de material extraño, como suciedad y materiales de campo, que absorbe parte del desinfectante.





Figura 9.10. Limpieza del fruto con un paño húmedo

La desinfección tiene como objetivo la remoción de los gérmenes, microorganismos y sustancias químicas residuales después de la cosecha. Para hacer una buena desinfección es importante tener en cuenta el desinfectante, la concentración y la forma de aplicación (García y García, 2001). La gran mayoría de patógenos no son observables a simple vista en la fase inicial de desarrollo, por tanto es necesario desinfectar el producto para evitar el posterior desarrollo de estos patógenos y al mismo tiempo reducir el riesgo de infecciones posteriores por el contacto del mismo con elementos contaminados (como mesas o herramientas de corte) o por la manipulación sin el uso de los elementos de protección adecuados (como guantes, tapabocas, cofias, delantales, etc.).

A continuación se presentan unas recomendaciones sobre desinfección, tomadas de ‘Cloración y control de enfermedades en poscosecha’ (Ritchie *et al.*, 1993):

“La desinfección es una de las operaciones de mayor importancia, teniendo en cuenta que cerca del 30% del producto cosechado no llega al consumidor a causa de enfermedades poscosecha. Las enfermedades más comunes en tomate son causadas por *Alternaria alternata*, *Phytophthora* sp., *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer*, *Geotrichum candidum* y *Erwinia* spp. La mayoría de las enfermedades fungosas pueden ser causadas por la dispersión de sus esporas, las cuales sobreviven a condiciones extremas de temperatura y baja humedad y pueden ser transportadas por el viento y el agua hasta grandes distancias, desarrollándose al encontrar las condiciones adecuadas. Al estar latentes en cualquier lugar, se deben tomar todas las medidas pertinentes de higiene y sanidad, tanto en el campo de producción como en las instalaciones de la planta de acondicionamiento para evitar el contacto del tomate con estos patógenos.



Dado que el agua utilizada para el transporte del tomate dentro del proceso para su limpieza y enfriamiento no es sometida generalmente a un control de calidad ni tampoco se cambia cada vez que se inicia un nuevo lote o *batch*, esta se convierte en un foco de diseminación de enfermedades y problemas para todo el lote de tomate que se esté acondicionando. Dichos problemas se agudizan cuando no se cuenta con programas de limpieza y desinfección del centro de acondicionamiento después de cada jornada de trabajo. Para reducir este problema, se recomienda la cloración del agua y un manejo adecuado del producto durante dicho acondicionamiento”.

Cloración del agua

La mejor defensa contra los patógenos es la higiene y sanidad basada en la cloración, el manejo apropiado del producto, la higiene de los trabajadores y de las instalaciones, y un rápido enfriamiento del producto.

Para lograr una mayor eficacia de la cloración, es aconsejable agregar una pequeña cantidad de detergente a la solución clorada, lo que permite al cloro llegar hasta esas pequeñas oberturas donde los patógenos suelen acumularse. Una concentración de 55 a 70 ppm a pH 7,0 es recomendada para el tratamiento de frutas y hortalizas.

Para la desinfección, el cloro puede ser aplicado como gas, hipoclorito de calcio o de sodio. El hipoclorito de calcio es ampliamente usado en tratamientos poscosecha, pero tiene el inconveniente de ser poco soluble en agua fría. Viene en presentación granular o tabletas con 65% de hipoclorito.

El hipoclorito de sodio es también ampliamente utilizado; su presentación comercial más conocida tiene una concentración de 5,25% de hipoclorito, aunque también se pueden encontrar presentaciones de 12,75% y 15% de concentración. Es más costoso que el de calcio pero más soluble.

La efectividad del tratamiento depende de la temperatura del agua, el pH de la solución, la concentración de cloro, la cantidad de materia orgánica contenida en el agua y el estado de desarrollo de los patógenos presentes. De acuerdo con el pH, el hipoclorito puede ser más o menos efectivo, por eso este parámetro debe ser tenido en cuenta y controlado a lo largo de la desinfección. El pH debe estar entre 6,5 y 7,5 para asegurar la máxima eficacia del tratamiento.

La Tabla 9.1 presenta la concentración de cloro mínima requerida para el control de hongos y bacterias.



Tabla 9.1. Concentración mínima de cloro en ppm requerida para el control de hongos y bacterias en frutas y hortalizas

| Temperatura | 25 °C | 40 °C |
|-------------|-------------|--------|
| Hongos | 30 - 40 ppm | 10 ppm |
| Bacterias | 20 ppm | 10 ppm |

Sin embargo, para lograr una mayor eficacia del tratamiento el agua puede ser clorada a 125 ppm y el pH ajustado alrededor de 7.

En la Tabla 9.2 se presenta la cantidad de solución de hipoclorito de sodio al 5,25% requerida por litro de agua para alcanzar una concentración dada.

Tabla 9.2. Cantidad de solución de hipoclorito de sodio comercial (5,25%) requerida para obtener diferentes concentraciones en ppm de hipoclorito de sodio en agua de lavado

| MI de solución al 5,25% de hipoclorito de sodio a adicionar por litro de agua | Concentración aproximada en ppm de hipoclorito en el agua de lavado |
|---|---|
| 0,5 | 25 |
| 1 | 50 |
| 1,5 | 75 |
| 2 | 100 |
| 2,5 | 125 |
| 3 | 150 |

La temperatura también ejerce influencia sobre la eficacia de la cloración. Así, a altas temperaturas el cloro se puede escapar reduciendo la eficacia del tratamiento, mientras que a bajas temperaturas y alto pH puede presentar disminución de la eficacia. El contenido de materia orgánica afecta así mismo la cloración de manera inversa; es decir, a altos contenidos de materia orgánica menor efectividad del tratamiento. El tiempo de exposición presenta una relación directa con la efectividad de la desinfección, o sea que a mayores tiempos de exposición, mayor eficacia. De todas formas, si se prolonga el tiempo de exposición puede producirse decoloración o blanqueamiento del tomate.

Finalmente, el estado de desarrollo del patógeno es determinante, pues la cloración es efectiva en el control de patógenos en la forma vegetativa mas no en el de esporas, debido a que estas últimas son 10 y hasta 1.000 veces más re-



sistentes para eliminar. El tratamiento no esteriliza la superficie del tomate, y muchas esporas pueden luego permanecer y crecer. La cloración no deja efectos residuales, entonces el producto puede posteriormente contaminarse.

Recomendaciones generales para la cloración del agua:

- Reducir el riesgo de enfermedades en campo.
- Controlar frecuentemente la concentración de cloro y el pH del agua.
- No permitir la sobreexposición del producto al tratamiento más allá de lo requerido.
- Mantener una concentración uniforme en el tanque sin la formación de puntos muertos.
- Cambiar el agua frecuentemente, pues el agua sucia reduce la efectividad del tratamiento.
- Mantener buenas prácticas de higiene, limpieza y desinfección de equipos periódicamente.

Secado

Esta operación es esencial después de las labores de lavado y desinfección. Como se mencionó anteriormente, la desinfección no esteriliza el producto, razón por la cual las condiciones de manejo posteriores deben ser más exigentes que las etapas previas. Esto implica un control de las condiciones de temperatura y humedad del producto, ya que si el tomate es almacenado o manipulado húmedo y a alta temperatura se favorece el desarrollo de patógenos que pueden dispersarse hacia los otros tomates, incrementando sensiblemente las pérdidas poscosecha, lo que quiere decir que la remoción de humedad residual o superficial es crucial en la conservación del producto.

Para esto, el producto lavado se deja escurrir en lugares limpios, higiénicos y lejos de cualquier fuente de contaminación o mediante circulación de aire forzado. La remoción del agua puede hacerse con el uso de ventiladores o por el paso del tomate sobre cilindros con espuma que retienen la humedad.

Clasificación

Tiene como fin la separación de frutos sanos en grupos con características similares de tamaño, color, firmeza, textura y apariencia, principalmente. En el tomate, la clasificación por tamaño y grado de madurez es la más utilizada.



El proceso de clasificación se realiza normalmente tomando como parámetro el tamaño, pues este debe ser recolectado en un mismo estado de madurez y corresponder a la misma variedad; de no ser así, se puede hacer una segunda clasificación según el grado de maduración.

El tamaño está determinado por el diámetro máximo ecuatorial. Para todas las variedades de tomate, exceptuando la Cherry, se utiliza la clasificación por tamaño, establecida según la norma técnica colombiana NTC 1103-1.

El tamaño mínimo para los tomates redondos y acanalados es de 35 mm, y para los tomates alargados de 30 mm. La escala entonces queda establecida de la siguiente manera:

>30 mm < 35 mm
>35 mm < 40 mm
>40 mm < 47 mm
>47 mm < 57 mm
>57 mm < 67 mm
>67 mm < 82 mm
>82 mm < 102 mm
> 102 mm

La Figura 9.11 muestra un ejemplo de los diferentes tamaños que pueden ser encontrados en una misma variedad de tomate.



Figura 9.11. Clasificación de tomate de acuerdo con su tamaño

A pesar de esto, para su comercialización deben ser lo más homogéneos posible, como se observa en la Figura 9.12 (García, 2001).

Para la clasificación se utilizan barras o rodillos separados por donde el tomate cae a bandas que lo llevan a las respectivas cajas según su tamaño. La altura entre los rodillos de separación y la banda no debe ser muy grande, para evitar golpes al





Figura 9.12. Presentación del tomate para su comercialización en supermercados

tomate. De igual manera, todas las esquinas y paredes de los equipos por donde el tomate circule deben estar recubiertas por un material flexible. Las caídas del tomate a las cajas deben ser amortiguadas por el uso de desaceleradores de velocidad del tomate, y toda superficie en contacto con el tomate debe ser lavada y desinfectada diariamente (puede utilizarse hipoclorito y luego enjuagar el equipo).

En cuanto a la comercialización del tomate, este debe ser clasificado por color, grado o categoría y variedad. Por categoría se manejan tres niveles según la norma NTC 1103-1, que están dados por el porcentaje de defectos que presenten en cuanto a forma, tamaño o madurez que no afecten la apariencia general del producto, la calidad de conservación y la presentación del empaque.

Estas categorías son:

Categoría extra. Tomates de calidad superior, pulpas firmes, color, apariencia y desarrollo típico según la variedad. Deben ser uniformes en tamaño, madurez y estar libres de defectos.

Categoría I. Tomates de buena calidad, firmes, con las características típicas de la variedad, libres de grietas y partes visibles que no hayan madurado de manera uniforme. Se permiten defectos leves en cuanto a forma, color, defectos de la piel y magulladuras muy leves.

Categoría II. Tomates firmes y con las características típicas de la variedad, aunque no pueden ser incluidos en las categorías anteriores. Se admiten grietas



cicatrizadas cuya longitud no sea mayor a 2 cm. Se permiten defectos leves en cuanto a forma, color, defectos de la piel y magulladuras.

El mercado internacional solo acepta tomate sin ningún tipo de daño o con tolerancias menores al 5%. En cuanto al color, se clasifican en seis niveles, los cuales fueron descritos previamente y representados en la Figura 9.6, según la norma americana. Sin embargo, la norma colombiana NTC 1103-1 ha considerado solamente cinco estados de madurez, ya que el grado 1 y 2 establecido en la norma americana ha sido unido en uno solo. En resumen, la categoría quedó establecida como se presenta en la Tabla 9.3 y basada en la norma europea.

Tabla 9.3. Grados de coloración en la madurez del tomate

| Grado | Descripción |
|------------------------------------|--|
| Verde | La superficie del tomate está completamente verde y el fruto ha alcanzado su tamaño máximo. El tono puede variar de claro a oscuro. |
| Coloración incipiente (1/4 pintón) | Cuando muestra un cambio definido de color (de verde a amarillo opaco, rosado o rojo claro) pero no en más del 30% de la superficie. |
| Coloración media (1/2 pintón) | Cuando muestra entre el 30% y 60% de la superficie un color rosado o rojo. |
| Coloración avanzada (3/4 pintón) | Cuando muestra más del 60% de la superficie un color rosado-rojizo o rojo pero el fruto aún está totalmente rojo. |
| Rojo | Cuando ha desarrollado un color rojo intenso en toda la superficie. |

Selección y clasificación

- La selección de los frutos a comercializar se debe realizar descartando todos aquellos que presenten algún grado de descomposición o daño mecánico, entre otros.
- Eliminar en forma adecuada los frutos descartados. No se debe olvidar que pueden servir de inóculo de plagas y/o enfermedades en el futuro.
- Todas las operaciones de selección y clasificación se deben efectuar en instalaciones o áreas que posean condiciones de higiene y seguridad controladas (Figura 9.13).
- Tanto el personal que labora en la selección de las hortalizas como los materiales y elementos de trabajo deben cumplir con condiciones de higiene adecuadas al manejo de un producto alimenticio.





Figura 9.13. Sala poscosecha

En la clasificación se tiene en cuenta la forma y desarrollo de los tomates –de acuerdo con la variedad que se esté cosechando–, así como el porcentaje de daños que determina en qué categoría de calidad se ubica el producto y el color, el cual está directamente relacionado con el estado de madurez del fruto y el tamaño del mismo.

En el momento de la clasificación es conveniente realizar una limpieza de los frutos para obtener una adecuada higiene y buena presentación para su comercialización, con lo que también se elimina de la epidermis de los tomates la suciedad y materias extrañas de orígenes diversos (tierra, polvo, residuos de agroquímicos, hojas y microorganismos). Su eliminación se puede efectuar mediante cepillado suave, lavado o la combinación de ambos.

El cepillado se puede complementar con la acción de soplado con una máquina de aire frío. La limpieza de los tomates mediante lavado se realiza por medio de duchas, ojalá de agua pulverizada, y debe apoyarse con el cepillado y un secado final. Es conveniente el uso de agua clorada para evitar la proliferación de microorganismos.

Empaque

Es una de las etapas de mayor importancia en el manejo poscosecha de frutas y hortalizas, pues cumple una función importante en la conservación y manejo de estos productos durante la etapa de comercialización y tiene también una alta participación en los costos de producción y comercialización.



Los empaques y embalajes destinados a la comercialización de frutas, hortalizas y tubérculos frescos deben cumplir las siguientes características generales (Central Mayorista de Antioquia, 2005):

- a) Estar en condiciones adecuadas para proteger y permitir la manipulación, almacenamiento, transporte, distribución, venta y consumo del producto.
- b) Permitir la consolidación (*parking*) y el alistamiento (*picking*) de los productos empacados.
- c) Conservar la calidad del producto contenido durante el ciclo de comercialización y su vida útil.
- d) Ser reciclables, reutilizables o biodegradables.
- e) Los materiales empleados en su elaboración tienen que cumplir con las disposiciones establecidas por la FDA1 (Administración de Alimentos y Drogas) en el título 21 del CFR (Código Federal de Regulaciones de Estados Unidos), partes 170 a 199, para sustancias empleadas en contacto con productos alimenticios; o con las Directivas Europeas 89/109/CEE* (Directiva Marco) y 90/128/CEE, así como sus revisiones o agendas posteriores.
- f) Su diseño, en caso de requerirlo, debe permitir una adecuada ventilación del producto.
- g) No transmitir olores, sabores ni microorganismos que alteren la calidad del producto contenido.
- h) Los materiales con que se elaboren los empaques deben estar libres de cualquier impureza que afecte el producto que contiene.
- i) No deben contener materiales ajenos al producto o al empaque mismo.
- j) Los empaques empleados en el comercio internacional deben ser nuevos o de un solo uso.
- k) Estar libres de residuos de fabricación que afecten el producto contenido.
- l) No olvidar que aun en el mercado local no se permite la reutilización de los sacos de fibra natural, polipropileno y papel con productos alimenticios.



- m) Tener las medidas apropiadas que, además de modular con las estibas, tengan la altura apropiada para evitar el daño del producto en las capas inferiores.
- n) La altura del apilamiento o arrume debe garantizar la adecuada circulación del aire.
- o) Si se utilizan esquineros, estos no deben separarse en láminas.
- p) En las estibas los empaques se deben apilar en columna y con esquineros de protección, y sujetarlos con flejes de plástico, en lo posible impresos con el nombre de la empresa y el símbolo de identificación de la resina utilizada.
- q) Los empaques plásticos deben protegerse en embalajes que impidan su contaminación durante el transporte entre la fábrica y el lugar de empaque del alimento.

Entre los factores a tener en cuenta para la selección del empaque a utilizar están los requisitos del mercado y los aspectos de tipo ambiental, como el carácter reciclable o biodegradable que tenga el material, vida útil, y –posiblemente el más importante– el grado de protección que ofrezca al producto. En la actualidad existen más de 1.500 diferentes tamaños y variedades de empaques, por lo cual es fácil encontrar uno que se ajuste a los requerimientos del producto.

Una característica últimamente buscada en los empaques es que estos sean biodegradables o reutilizables. Es necesario que el empaque contribuya a incrementar el tiempo de vida útil del producto, por lo cual debe reducir al mínimo cualquier causa de daño al mismo, protegiéndolo de daños mecánicos por compresión, abrasión, impactos, cortes, e idealmente deshidratación y deterioro por agentes biológicos. Por esto los empaques deben ser fuertes, resistentes, soportar grandes esfuerzos, cargas y condiciones ambientales extremas como alta humedad relativa y baja o alta temperatura; deben facilitar la ventilación del producto y facilitar su seguimiento o trazabilidad (Rutledge *et al.*, 1995). Aunque existe una gran cantidad de materiales y diseños, en el caso del tomate los más utilizados son la madera, el cartón y el plástico, como se observa en la Figura 9.14.

El guacal tiene la desventaja de causar un alto daño mecánico al producto, no es fácil de apilar y favorece la diseminación de enfermedades dado que absorbe humedad y es difícil de desinfectar. Por su parte, las cajas de cartón son muy utilizadas para su comercialización en el ámbito internacional, ya que permite





Figura 9.14. Empaques comúnmente utilizados para la comercialización de tomate

observar el producto y transportar volúmenes pequeños que aseguran la calidad mecánica del producto y proporcionan una buena ventilación. La canastilla plástica es posiblemente el empaque más utilizado para la comercialización del tomate, y dada la amplia gama de presentaciones en tamaño permite una mayor flexibilidad, respondiendo a los diferentes requerimientos del mercado.

El empaque está muy relacionado con las condiciones de almacenamiento, pues estas tienen diferentes efectos sobre el producto y sobre el empaque:

- Es importante embalar en forma cuidadosa para evitar daños a los frutos.
- El embalaje debe ser realizado por personal capacitado, sobre todo en los temas de inocuidad e higiene.
- Los materiales de embalaje deben ser en lo posible nuevos, o en caso de ser reutilizados deben estar bien lavados. Al momento de utilizarse, estos deben encontrarse limpios, secos y en buen estado.
- Estos materiales deben ser almacenados y manipulados en condiciones que permitan su uso para un producto alimenticio.
- El proceso de embalaje debe efectuarse en un sitio protegido, evitando así la contaminación del producto.
- El personal que participa en las labores de embalaje debe disponer de las instalaciones necesarias para su higiene y hacer uso de ellas.



- El personal que participa en la cosecha, transporte, embalaje, manejo de materiales y almacenamiento, tiene que cumplir estrictamente con las medidas de higiene y de salud del personal, manteniendo a su vez los cuidados necesarios para evitar la contaminación del producto.

Almacenamiento

Es el proceso normal para asegurar el aprovisionamiento de los mercados por el mayor tiempo posible, aunque también puede ser una estrategia para diferir la oferta del producto hasta que el mercado se encuentre desabastecido y de esta manera obtener mejores precios. Dado que generalmente se transportan diferentes tipos de productos, es necesario conocer la compatibilidad en cuanto a temperatura, humedad relativa, composición de la atmósfera, absorción de olores, producción y sensibilidad al etileno.

El producto almacenado debe estar libre de cualquier tipo de daño, ya sea de carácter biológico, físico o mecánico, y debe ser cosechado bajo el grado de madurez óptimo. Si alguno de los tomates presenta algún tipo de daño biológico, este se dispersará rápidamente en la cámara de almacenamiento o de transporte, contaminando una mayor cantidad de producto.

Las condiciones óptimas de almacenamiento para tomate dependen de diferentes factores, entre los cuales cabe mencionar su estado de madurez, el tiempo de almacenamiento esperado y las características exigidas por el mercado. Todas ellas se pueden manejar si se conoce muy bien la tasa de respiración del producto, el calor de respiración, la tasa de producción de etileno, la influencia de la temperatura, la humedad relativa, la concentración de gases de respiración, la sensibilidad del producto al etileno y la condición inicial del producto en cada material (Wilson *et al.*, 1995). Con respecto a la tasa de respiración y calor de respiración, se han obtenido los valores reportados en las tablas 9.4 y 9.5.

Tabla 9.4. Tasa de respiración de tomate a diferente temperatura y grado de madurez, expresada en ml /CO₂ /kg h (Suslow y Cantwell, 1998)

| Estado | Temperatura | | | |
|--------------|-------------|---------|---------|---------|
| | 10 °C | 15 °C | 20 °C | 25 °C |
| Verde maduro | 6 - 9 | 8 - 14 | 14 - 21 | 18 - 26 |
| Maduro | 7 - 8 | 12 - 15 | 12 - 22 | 15 - 26 |



Tabla 9.5. Calor de respiración en kcal /kg h para tomate refrigerado y a temperatura ambiente en dos estados de madurez (Boyette *et al.*, 1995)

| Estado | Refrigerado | Ambiente |
|--------------|-------------|----------|
| Verde maduro | 0,0167 | 0,109 |
| Maduro | 0,037 | 0,104 |

Como en muchas hortalizas, la producción de etileno no está necesariamente asociada a su sensibilidad. Los tomates en estado verde y pintón son sensibles al etileno, entretanto los maduros no. En cuanto a la producción de etileno se han encontrado resultados particulares, pues no hay una relación directa entre la temperatura y la producción de etileno. A temperaturas alrededor de los 30 °C la producción de etileno es menor a 1 $\mu\text{l/g/h}$ y no parece ser afectada por el grado de madurez del tomate; a 20 °C se incrementa hasta alcanzar los 4 $\mu\text{l/g/h}$ y es afectada por el grado de madurez; mientras que a 10 °C cae a más de la mitad (1,2 - 1,5 $\mu\text{l/g/h}$) y no presenta un efecto marcado por el grado de madurez del fruto (Catwell, 2008).

Basados en esta información y de acuerdo con algunos estudios, la temperatura óptima de almacenamiento para tomate verde está entre 12,5 y 15 °C, mientras que para tomate rojo-claro está entre 10 y 12,5 °C y para tomate maduro entre 7 y 10 °C. El tiempo de vida útil bajo estas condiciones puede oscilar entre 1 y 3 semanas para tomate maduro-firme y verde-maduro respectivamente, pero puede ser prolongado con la aplicación de atmósferas modificadas.

Se han reportado hasta 7 semanas de vida útil para tomate almacenado a concentraciones de O_2 entre 3% y 5%, ya que estas últimas retrasan la maduración y el desarrollo de pudriciones en la cicatriz del pedúnculo y en la superficie, sin afectar severamente la calidad organoléptica. Estas concentraciones de oxígeno con concentraciones de CO_2 alrededor del 2% favorecen la conservación del tomate. Las concentraciones de O_2 inferiores al 1% provocan sabores y olores desagradables, así como pardeamiento interno (Suslow y Cantwell, 1998).

Los tomates almacenados a una temperatura por encima de 30 °C sufren daños, produciéndose disturbios en la coloración normal (amarillo o naranja en vez de rojo). El desarrollo del licopeno (pigmento rojo) se detiene a altas temperaturas, pero la síntesis de carotenoides (amarillos y naranjas) continúa, efecto que puede ser revertido alternando temperaturas de conservación entre 18 y 24 °C. Tal alternancia simula los cambios diurnos-nocturnos de temperatura en



el campo, siendo 18 a 21 °C la mejor temperatura para la maduración, con una humedad del 85% - 88% de HR. Así mismo, los tomates muy maduros pueden arrugarse o marchitarse un poco con esa humedad, pero el 90% favorece podredumbres.

Por otra parte, los tomates cosechados en estado rosado o rojo suave deben ser enfriados inmediatamente para evitar que sobremaduren antes de llegar al consumidor final. El tomate es muy sensible al daño por frío, por lo que debe ser almacenado a temperaturas superiores a 10 °C para tomate pintón y a 15 °C para tomate verde maduro. Los maduros no pueden ser almacenados a temperaturas inferiores a los 12 °C para retrasar su maduración, pues esto puede afectar el normal desarrollo del tomate y ocasionar su deterioro. El tomate verde-maduro almacenado por debajo de los 10 °C es más susceptible a daño por *Alternaria*, lo cual se hace evidente después de la maduración.

La humedad relativa de almacenamiento adecuada fluctúa entre 85% - 95%; humedades relativas más bajas pueden llevar a pérdidas excesivas de agua y marchitamiento o deshidratación después de pocos días, y HR más elevadas pueden favorecer ataques fúngicos.

Además, las pérdidas de agua están en función de la relación superficie-volumen y por ello son los frutos más pequeños los propensos a este tipo de problema. Cualquier ruptura de la superficie, rajadura o golpe, aumenta en forma considerable la pérdida de agua.

De la misma forma, la zona de separación del fruto con el pedúnculo es responsable de casi el 90% de la pérdida de agua en tomates sanos. El hecho de cosechar los tomates tipo larga vida con el pedúnculo disminuye también la pérdida de humedad.

Se ha demostrado que tomates almacenados a humedades por encima del 90% pueden presentar problemas de daño, mientras que el tomate pintón puede ser almacenado por dos semanas a 10 °C; no obstante, tiempos superiores de almacenamiento a esta temperatura pueden conducir a la reducción de la calidad y de la vida útil durante el periodo de venta. A su vez, el tomate en estado maduro puede resistir varios días a 5 °C, aunque no por tiempos prolongados; entretanto que el tomate en estado verde es más sensible a estas bajas temperaturas, presentando pérdida de firmeza, color, vida útil y sabor. Bajo condiciones extremas, tomates bien maduros y firmes pueden ser almacenados hasta tres semanas a 1 °C y 2 °C, pero tienen poca vida útil (Catwell, 2008).



Los tomates rosados o rojos firmes pueden ser almacenados a temperaturas entre los 10 °C y 13 °C. El tiempo de vida útil del tomate está alrededor de 21 días para tomate verde-maduro, de 7 a 14 para tomate rosado-rojo, y de 2 a 4 días para fruto maduro; aunque también es conocido que el almacenamiento a temperaturas inferiores a los 13 °C conlleva a la pérdida de aroma y desarrollo de aromas no característicos del tomate (Ramandeep, 2006).

Diferentes estudios han sido desarrollados buscando prolongar la vida útil del tomate durante el almacenamiento. Entre estos cabe mencionar el tratamiento con agua caliente antes de llevarlo a almacenamiento a bajas temperaturas. Este tratamiento consistió en someter el tomate a temperaturas entre los 39 y 48 °C por una hora y luego madurarlos a 20 °C, o almacenarlos a 2 °C por 14 días antes de madurarlos a 20 °C. El tratamiento a 42 °C redujo el daño en un 60%, mientras que el tratamiento térmico a 48 °C incrementó la tasa de respiración y la producción de etileno, comparado con los otros tratamientos. El color rojo fue favorecido por el procedimiento térmico e inhibido por el almacenamiento a 2 °C, y la firmeza fue beneficiada por el almacenamiento a 2 °C pero no por el tratamiento térmico. El tomate sometido a temperatura entre los 39 y 45 °C presentó buena aceptación en las pruebas organolépticas. En general, puede decirse que el tratamiento térmico reduce el deterioro del tomate con consecuencias adversas mínimas sobre la calidad del tomate (McDonald *et al.*, 1999; Guillén *et al.*, 2007).

Para inhibir la producción de etileno y su influencia sobre la velocidad de maduración del tomate, se evaluó la efectividad de tratamientos con 1-MCP (1-metil ciclopropano) en la extensión de su vida útil. Se encontró que la aplicación de 0,5 nl/l de 1-MCP por un periodo de 24 horas redujo la producción de etileno y la tasa de respiración. Los parámetros relacionados con maduración como reducción de la firmeza, cambio de color e índice de madurez (sólidos solubles / acidez titulable) fueron retardados de manera importante. Estos resultados fueron corroborados en otro estudio, donde se demostró que tomates en estado maduro-verde tratados con 250 nl/l de 1-MCP por 24 horas a 20 °C y posteriormente almacenados a 90 - 95% de HR y temperaturas de 15, 20 o 25 °C retrasa la maduración del tomate en 6, 12 y 18 días, respectivamente (Mostofi *et al.*, 2007).

La aplicación de 1 μ mol/mol de ozono a 13 °C y 95% de HR a tomate mostró resultados muy favorables en la conservación y calidad del producto, pues aparte de reducir el daño por patógenos incrementó los contenidos de β carotenos, licopeno y luteína, mantuvo los niveles de sólidos solubles y favoreció la



conservación de la firmeza; a su vez, no afectó la pérdida de peso, el contenido de vitamina C, la producción de etileno, la tasa de respiración, el contenido de ácidos orgánicos y de fenoles totales. Adicionalmente, los resultados del panel de degustación mostraron una preferencia alta por el tomate sometido a tratamiento con ozono (Tzortakis, 2007). Igualmente se ha encontrado que el almacenamiento del tomate a altas temperaturas antes de llevarlo a temperaturas de almacenamiento inferiores a los 5 °C reduce significativamente el daño por frío durante dicho almacenamiento (Lurie, 1997); y tratamientos de almacenamiento de tomate a 6, 9 y 12 °C, con calentamiento intermitente a 20 °C cada 6 días y posterior maduración a 20 °C y 75% - 80% HR, mejoran el color superficial del tomate y favorecen su maduración (Artés, 1998).

Maduración

Las condiciones de maduración, almacenamiento y vida útil, al tiempo que la sensibilidad al daño por frío, son determinados en gran parte por la variedad de tomate. De otra parte, la humedad relativa tiene una influencia marcada sobre la firmeza del producto. En la Tabla 9.6 se observan los días necesarios para alcanzar el estado máximo de madurez o grado seis, dependiendo de la temperatura de almacenamiento y el grado de madurez en el que fue cortado; en esta tabla es claro que el incremento de la temperatura favorece la rápida maduración del tomate (Catwell, 2008).

Tabla 9.6. Evolución del grado de madurez del tomate almacenado a diferentes temperaturas y grados de madurez

| Grado de madurez | Días hasta alcanzar grado de madurez | | | | |
|------------------|--------------------------------------|-------|---------|-------|-------|
| | 12,5 °C | 15 °C | 17,5 °C | 20 °C | 25 °C |
| 1 | 18 | 15 | 12 | 10 | 7 |
| 2 | 16 | 13 | 10 | 8 | 5 |
| 3 | 13 | 10 | 8 | 6 | 3 |
| 4 | 10 | 8 | 6 | 4 | 2 |

Fuente: Catwell, 2008

Tratamientos con etileno

El etileno es un gas natural sin olor ni sabor, producido normalmente por diferentes tipos de productos vegetales, y con el que los tomates verdes exhiben un acelerado proceso de maduración. A nivel comercial, los tomates maduros



verdes son expuestos a tratamientos suplementarios con etileno para acelerar su maduración y asegurar que esta sea uniforme. Los tratamientos con etileno para maduración están en concentraciones entre 100 y 150 ppm, temperaturas entre 20 y 25 °C, y humedad relativa entre 90 y 95%; el tiempo de tratamiento está entre 1 y dos días. Se debe contar con una buena circulación del aire para asegurar la homogeneidad de la concentración de etileno en el cuarto de maduración y la remoción del dióxido de carbono, ya que este gas reduce la efectividad del tratamiento de etileno. Los tomates verdes pueden ser madurados con la aplicación de etileno, pero estos no alcanzarán una buena calidad.

Las ventajas del uso del etileno en tomates se puede resumir en:

- Reducción en el costo de clasificación de los tomates debido a la uniformidad de maduración.
- Reducción de las pérdidas de peso debido a la rápida maduración.
- Prolongación de la vida en estante en estado verde maduro.
- Reducción de los tiempos de ocupación de las salas de maduración.
- El logro de tomates maduros más tempranos en las épocas de escasez y altos precios.

Durante la maduración el color verde va desapareciendo, al igual que la acidez; el contenido de almidón, la firmeza, las pectinas insolubles y los fenoles sencillos también disminuyen; mientras que el color rojo o amarillo, el aroma, el sabor, los azúcares, las pectinas solubles y los fenoles polimerizados se incrementan. En cuanto al etileno, se ha encontrado que su producción se incrementa desde el estado uno al tres de maduración de manera constante. Entre el estado tres y cuatro no parece haber mayores cambios, y luego se reduce levemente hasta alcanzar el nivel máximo de madurez (Catwell, 2008).

La temperatura óptima para la maduración de tomates en estado verde maduro está entre 18 y 21 °C. A temperaturas superiores a los 25 °C madurarán, pero la calidad organoléptica no será la mejor, especialmente en cuanto a sabor y aroma.

Por consiguiente, es importante resaltar que la maduración con tratamientos de etileno debe hacerse desde la etapa dos o tres de madurez, de acuerdo con la carta de color (ver Figura 9.6), pues a partir de la etapa uno el tomate no madura adecuadamente ni alcanza las características propias de un tomate maduro. Es conveniente entonces tener en cuenta el grado de madurez del fruto para determinar las condiciones de almacenamiento, ya que se ha encontrado que en



estados tempranos de maduración (grados dos y tres) el reducir la temperatura de 20 a 12 °C puede incrementar el tiempo de vida útil de 13 a 23 días. El uso de temperaturas altas en frutos maduros no es recomendable, porque reduce sensiblemente la vida útil del fruto. Bajo las mismas condiciones de temperatura, un fruto en estado inicial de maduración puede mantenerse en buenas condiciones el doble de tiempo.

También es importante resaltar que las pérdidas de peso son más fuertes en frutos verdes que en frutos maduros. El contenido de sólidos solubles y de azúcares, así como la acidez titulable, no parecen ser afectados sensiblemente por el grado de madurez del tomate sino por la temperatura de almacenamiento.

La temperatura de maduración recomendada es de 20 °C, pero la temperatura a la que ha sido almacenado el tomate influye sobre su comportamiento durante la maduración o sobre su vida de anaquel. Es así como los tomates que han sido almacenados a temperaturas bajas de 5 °C presentan velocidades de respiración durante el almacenamiento posterior a 20 °C, más altas que aquellos que fueron almacenados a temperaturas mayores (de 7, 10 o 12 °C). Este comportamiento se hace más evidente después de la segunda semana de almacenamiento posterior a la refrigeración (Catwell, 2008).

Maduración, almacenamiento y calidad nutricional

A diferencia de muchos productos perecederos, los cuales reducen su calidad nutricional y funcional durante el almacenamiento, el tomate muestra un leve incremento del ácido ascórbico, compuestos fenólicos solubles y flavonoides. Se ha encontrado que el contenido de licopeno en tomates almacenados a 15 °C y 25 °C es dos veces mayor al encontrado en tomates almacenados a 7 °C por un periodo de 10 días, mientras que la actividad antioxidante se incrementa desde un 17 al 27%.

El color –parámetro ampliamente utilizado por los consumidores como índice de calidad del tomate– presenta una estrecha relación con su contenido de carotenoides, por lo cual también puede ser tomado como un criterio de la calidad nutricional o funcional del mismo. El desarrollo de la pigmentación roja es un criterio indiscutible de madurez del tomate. Los principales carotenoides en tomate son licopeno (90%), β caroteno (entre el 5% y 10%) y la luteína (entre el 1% y el 5%). El contenido de estos compuestos durante la maduración del tomate está dado por el balance entre la síntesis de licopeno y su conversión en carotenoides más complejos. Estas reacciones están controladas por al menos dos



enzimas, por lo que el control durante la maduración es un poco complejo y no se ha logrado manipular para obtener mayores contenidos de licopeno durante el almacenamiento y maduración del fruto (Schofield, 2005).

El almacenamiento a baja temperatura causa un estrés en el tomate, activando la producción de licopeno y la actividad antioxidante; es decir, el estrés abiótico afecta las rutas de biosíntesis de los tres principales grupos de metabolitos secundarios, los terpenos, los compuestos fenólicos y los compuestos que contienen nitrógeno. Por esta razón es importante tener en cuenta las condiciones ambientales de almacenamiento del tomate si se quiere potenciar la producción de alguno de sus compuestos bioactivos (Javanmardi, 2006).

Enfermedades poscosecha

Las enfermedades como pudriciones y lesiones de la superficie son ocasionadas por hongos como la *Alternaria*, *Botrytis* y *Rhizopus*. La pudrición blanda bacteriana (*bacterial soft rot*) causada por *Erwinia* spp., puede llegar a ser un problema serio durante el almacenamiento. Para prevenir y controlar estas enfermedades se recomienda el tratamiento con aire caliente o de inmersión en agua caliente (55 °C por 0,5 - 1,0 min), o el uso de atmósfera controlada para retrasar el crecimiento de patógenos en la cicatriz del pedúnculo y en la superficie del fruto.

Para el control de *Rhizopus stolonifer*, causante de pudrición blanda y una de las principales culpables de pérdida poscosecha en tomate, se ha evaluado la aplicación de bajas dosis de luz UV-C en dosis de 3,6 kJ/m². Los estudios han reportado buenos resultados al inducir resistencia a este hongo prolongando la vida útil, demorando la maduración y mejorando la calidad del tomate (Liu *et al.*, 1993; Stevens *et al.*, 2004).

En otros estudios se ha encontrado que el moho gris, causado por el hongo *Botrytis cinerea*, puede penetrar el fruto desde el campo y desarrollarse una vez ha sido cosechado. Para su control se indujo resistencia con el benzotiadiazol, BHT en dosis de 3 mM, aplicación con la que se logró la reducción del inóculo en más del 70% y, en algunos casos, el control total. Adicionalmente, se consiguió un incremento del contenido de licopeno con respecto al control en un 15%, lo que quiere decir que este tratamiento tiene resultados prometedores tanto en el control del moho gris como en el incremento de los compuestos bioactivos de interés para la salud humana (Iriti, 2007).



Para cerrar este capítulo y tomando en consideración la importancia del manejo adecuado del tomate a lo largo de la cadena, a continuación se presentan unas recomendaciones que hacen parte de las Buenas Prácticas Agrícolas referentes a cosecha y poscosecha del tomate. Son recomendaciones muy sencillas, con un alto grado de eficacia y con las que se busca asegurar la sanidad del producto mediante la implementación de prácticas de higiene de toda persona o elemento que esté en contacto con el producto.

Buenas Prácticas Agrícolas durante la cosecha y poscosecha de tomate

Higiene del trabajador en el campo

- Proveer y mantener baños limpios, jabón, agua fresca y toallas desechables para el lavado de manos.
- Establecer el lavado de manos para todo aquel que entre al lote (trabajadores, visitantes, compradores, etc.).

Cosecha

- Limpiar las herramientas de cosecha. Las cajas para la cosecha deben estar limpias y en buenas condiciones, los contenedores tienen que ser lavados y desinfectados antes de la cosecha y se debe remover el exceso de tierra de las cajas usadas para cosecha en el campo.
- Capacitar al personal para que maneje cuidadosamente el producto.
- Cosechar en el estado de madurez apropiado y seco, es decir, sin humedad superficial
- No sobrellenar los empaques sino manipularlos con cuidado, evitando golpearlos o moverlos bruscamente una vez estén llenos.
- No utilizar las cajas de cosecha para pararse en ellas; con ello se reduce el riesgo de dispersión de patógenos por medio del calzado.
- No arrojar el tomate dentro de las cajas de recolección o al transvasarlas de una caja a otra, pues esto causa daños mecánicos al tomate. El tomate se debe depositar cuidadosamente en la caja.
- Usar protectores en el fondo y en las paredes de los contenedores y empaques depositando suavemente el producto en ellos y no excediendo la capacidad de los empaques, minimizando igualmente las caídas y golpes cuando se transfiere el producto.
- Evitar la manipulación excesiva del producto.
- Usar guantes de algodón (si es posible).



- Exigir el lavado de las manos de todos aquellos que entren al lote, no importa si son visitantes, operarios, supervisores, compradores, etc.
- No mezclar tomate en buen estado con tomate en mal estado.
- Mantener frescos los productos.
- Enfriar rápidamente el tomate para disminuir el crecimiento de cualquier patógeno.
- Utilizar hielo proveniente de agua potable.
- Almacenar el tomate a temperaturas apropiadas para mantener la calidad.
- No sobrellenar los refrigeradores.

Manejo poscosecha

- Capacitar a los trabajadores acerca de los riesgos de contaminación microbiana y la importancia de la higiene.
- Proveer de baños limpios, jabón, agua fresca y toallas desechables.
- Utilizar letreros en los baños instruyendo a los trabajadores sobre el lavado de manos, e imponer su seguimiento.
- Asignar tareas que no tengan contacto con alimentos para aquellos trabajadores que estén enfermos.
- Usar agua para transportar los productos en las labores de acondicionamiento.
- Minimizar las caídas o cambios de altura del producto en las líneas de transporte del tomate. Mantener las líneas de transporte a la misma altura.
- Usar desaceleradores y protectores de material suave en los puntos donde el producto choca o cae.
- Utilizar recipientes adecuados para proteger el producto.
- No exceder la capacidad de los recipientes de transporte del producto.
- Usar agua potable para cualquier actividad de lavado y monitorear permanentemente su calidad.
- Mantener el agua limpia en los tanques de sumergimiento, desinfectando y cambiando el agua regularmente.
- Adicionar cloro al agua de lavado.
- Monitorear los niveles de cloro (Cl).
- Mantener un pH de 6,0 - 7,0 en el agua clorada.
- Proporcionar un último enjuague si está usando más de 100 ppm de cloro.
- Evitar que la temperatura del agua de los tanques sea 5 °C más fría que la temperatura del producto.
- Limpiar y desinfectar las áreas tanto de carga como de descarga, y superficies de contacto con alimentos al final de cada día.



- Eliminar todo tipo de animales, especialmente roedores y pájaros de las áreas de trabajo
- No fumar o comer en las áreas de trabajo.

Transporte y refrigeración

- Revisar y limpiar los vehículos de transporte antes de introducir la carga.
- Desinfectar los vehículos si previamente fueron utilizados para transportar animales.
- Enfriar los vehículos antes de introducir la carga.
- Asegurar que el equipo de refrigeración esté funcionando adecuadamente.
- Cargar el producto cuidadosamente en los vehículos para tal fin.
- Asegurar que la pila sea estable y que el producto no estará moviéndose de un lado a lado durante el transporte y distribución del producto.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arab, L.; Steck, S.; Harper, A. E. (2000). *Lycopene and cardiovascular disease*. American Journal of Clinical Nutrition, 71: 1691-1695.
- Artés, F. (2000). *Memorias, 2° Congreso Iberoamericano de Tecnologías Poscosecha y Agroexportaciones*. Bogotá, Colombia: Simposio de poscosecha en Colombia.
- Artés, F.; E. Sánchez y Tijskens, L. M. M. (1998). *Quality and Shelf Life of Tomatoes Improved by Intermittent Warming*. Lebensm.-Wiss. u.-Technol., 31: 427-431.
- Barber, N.J.; Barber, J. (2002). Lycopene and prostate cancer. Prostate cancer and Prostatic Diseases. 5: 6-12.
- Batu, A. (2004). *Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes*. Research note Journal of Food Engineering 61: 471-475.
- Boyette, M. D.; Sanders, D. C. & Estes, E. A. (1995). *Postharvest Handling and Cooling of Field and Greenhouse-Grown Tomatoes*. N. C. Coop. Exten. Serv. AG-413-9.
- Boyette, M. D.; Wilson, L. G. & Estes, E. A. (1991). *Introduction to Proper Postharvest Cooling and Handling Methods*. N. C. Coop. Exten. Serv. AG-414-1.6 p.
- Boyette, M. D., Wilson, L. G. & Estes, E. A. (1990). *Cooling North Carolina Fruits and Vegetables*. N. C. Coop. Exten. Serv. Serv. Poster. 16 x 24 in.
- Cantwell, Marita. (Septiembre 23-25 de 2008). *Impact of ripening & storage conditions of ripe tomato quality*. Congreso Internacional de Tomate. León, México.
- Central Mayorista de Antioquia; Red de Centrales de Abastos; Gobernación de Antioquia y Asociación Hortifrutícola de Colombia –Asohfrucol– (2005). *Normas de calidad y empaque para frutas, hortalizas y tubérculos frescos*. 32 p.
- Cook, Roberta. (Septiembre 11 de 2006). *Overview of the greenhouse (gh) vegetable industry: focus on tomatoes*. University of California, Davis. The IR-4 Project Greenhouse Grown Food Crops Workshop On Pest Control.
- García, M. C. (2000). *Evaluación técnica y económica de las operaciones postcosecha y la oferta tecnológica para la cebolla de rama (Allium Fistulosum), cebolla de bulbo (Allium Cepa L.), tomate (Lycopersicum Esculentum Mill) y otras hortalizas en el departamento de Cundinamarca y Boyacá*. Informe final. Corpoica. MADR.
- García, M. C. y García, H. (2001). *Manejo cosecha y poscosecha de mora, lulo y tomate de árbol*. Corpoica, Ciat, Produmedios. 107 p.
- Giovanucci, E. (2005). *Tomato Products, Lycopene and Prostate Cancer: A Review of the Epidemiological Literature*. American Society for Nutritional Sciences. J. Nutr. 135: 2030S-2031S, 2005.
- Guillén, F.; Castillo, S.; Zapata, P. J.; Martínez-Romero, D.; Serrano, M.; Valero, D. (2007). *Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit 1. Duration and concentration of 1-MCP treatment to gain an effective delay of postharvest ripening*. Postharvest Biology and Technology 43: 23-27.



- Hertog, M. L. A. T. M.; Lammertyn, J.; Desmet, M.; Scheerlinck, N. & Nicoli, B. M. (2004). *The impact of biological variation on postharvest behavior of tomato fruit*. Postharvest Biol. Technol. 34: 271-284.
- Icontec. (1995). *Norma Técnica Colombiana NTC 1103-1. Industrias alimentarias. Tomate de mesa*.
- Iriti, M., Mapelli, S. & Faoro, F. (2007). *Chemical-induced resistance against post-harvest infection enhances tomato nutritional traits*. Food Chemistry 105: 1040-1046.
- Jaramillo, J.; Rodríguez, V.P.; Guzmán, M.; Zapata, M.; Rengifo, T. (2007). Manual técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas. Gobernación de Antioquia, FAO-MANA, Corpoica. 315 p.
- Javanmardi, J. & Kubota, C. (2006). *Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage*. Postharvest Biology and Technology 41: 151-155.
- Kun, Y.; Sonko, U. & Xiao, L. (2006). *Lycopene: Its Properties and Relationship to Human Health*. Food Reviews International, 22: 309-333.
- Kader, A. A. et al. (1992). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Univ. of California, Div. of Agric. and Natural Resources, Pub. 3311. 296 p.
- Lesage, Patrick & Destain, Marie-France. (1996). *Measurement of tomato firmness by using a non-destructive mechanical sensor*. Postharvest Biology and Technology 8: 45-55.
- Lesage, P.; Destain, Marie-France; Liu, J.; Stevens, C.; Khan, V. A.; Lu, J. Y.; Wilson, C. L.; Adeyeye, O.; Kabwe, M. K.; Pusey, P. L.; Chalutz, E.; Sultana, T. & Droby, S. (1993). *Application of ultraviolet-C light on storage rots and ripening of tomatoes*. J. Food Prot. 56: 868-872.
- Lurie, S. & Sabehat, A. (1997). *Prestorage temperature manipulations to reduce chilling injury in tomatoes*. Postharvest Biology and Technology 11: 57-62.
- McDonald, R. E.; McCollum, T. G. & Baldwin, E. A. (1999). *Temperature of water heat treatments influences tomato fruit quality following low-temperature storage*. Postharvest Biology and Technology 16: 147-155.
- Mostofi, Y.; Toivonen, M. A.; Lessani, H.; Babalar, M.; Lu, Changwen. (2007). *Effects of 1-methylcyclopropene on ripening of greenhouse tomatoes at three storage temperatures*. Postharvest Biology and Technology 45: 317-325.
- Polderdijk, J. J.; Tijskens, L. M. M.; Robbers, J. E. & Van der Valk, H. C. P. M. (1993). *Predictive model of keeping quality of tomatoes*. Postharvest Biology and Technology, 2: 179-185.
- Ramandeep K., Toor; Geoffrey P., Savage. (2006). *Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage*. Food Chemistry 99: 24-727.
- Ritchie, D. F.; Boyette, M. D.; Carballo, S. J.; Blankenship, S. M. & Sanders, D. C. (1993). *Chlorination and Postharvest Disease Control*. N.C. Coop. Exten. Serv. AG-414-6. 8 p.
- Rutledge, G. A.; Sanders, D. C. & Boyette, M. D. (1995). *Packaging requirements for fresh fruits and vegetables*. N.C. Coop. Exten. Serv. AG-414-8.
- Schofield, A. & Gopinadhan, P. (2005). *Modulation of carotenoid biosynthesis during tomato fruit ripening through phytochrome regulation of phytoene synthase activity*. Plant Physiology and Biochemistry 43: 1052-1060.



- Schouten, Rob E.; Huijben, Tanja P.; Tijskens, L. M. & Van Kooten, Olaf. (2007). *Modelling the acceptance period of truss tomato batches*. Postharvest Biology and Technology 45: 307-316.
- Stevens, C.; Liu, J.; Khan, V. A.; Lu, J. Y.; Wilson, C. L.; Igwegbe, E. C. K.; Chalutz, E. & Droby, S. (1998). *Application of hormetic UVC for delayed ripening and reduction of Rhizopus soft rot in tomatoes: The effect of tomatine on storage rot development*. J. Phytopathol. 146: 211-221.
- Stevens, C.; Liu, J.; Khan, V. A.; Lu, J. Y.; Kabwe, M. K.; Wilson, C. L.; Igwegbe, E. C. K.; Chalutz, E. & Droby, S. (2004). *The effects of low-dose ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity, delay ripening and Rhizopus soft rot development of tomatoes*. Crop Protection 23: 551-554.
- Suslow, Trevor V. & Cantwell, Marita. (1998). *Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha*. Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA 95616. Traducido por Clara Pelayo. Depto. Biotecnología. CBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.
- Tijskens, L. M. M. & Evelo, R. G. (1994). *Modelling colour of tomatoes during postharvest storage*. Postharvest Biol. Technol. 4: 85-98.
- Tijskens, L. M. M.; Heuvelink, E.; Schouten, R. E.; Lana, M. M. & Van Kooten, O. (2005). *The biological shift factor: biological age as a tool for modelling in pre- and postharvest horticulture*. Acta Hort. 687: 39-46.
- Tzortzakis, N.; Borland, A.; Singleton, I. & Barnes, J. (2007). *Impact of atmospheric ozone-enrichment on quality-related attributes of tomato fruit*. Postharvest Biology and Technology 45: 317-325.
- Van Dijk, C.; Boeriu, F. Peter; Stolle-Smits, T. & Tijskens, L. M. M. (2006). *The firmness of stored tomatoes (cv. Tradiro)*. Kinetic and near infrared models to describe firmness and moisture loss. Journal of Food Engineering 77: 575-584.
- Wilson, L. G., Boyette, M. D. & Estes, E. A. (1995). *Postharvest Handling and Cooling of Fruits, Vegetables and Flowers for Small Farms, Part I: Quality Maintenance*. N.C. Coop. Exten. Serv. Hort. Info. Leaf. No. 800. 4 p.
- Wilson, L. G.; Boyette, M. D. & Estes, E. A. (1995). *Postharvest Handling and Cooling of Fruits, Vegetables and Flowers for Small Farms, Part II: Cooling*. N.C. Coop. Exten. Serv. Hort. Info. Leaf. No. 801. 4 p.
- Wilson, L. G.; Boyette, M. D. & Estes, E. A. (1995). *Postharvest Handling and Cooling of Fruits, Vegetables and Flowers for Small Farms, Part III: Handling*. N.C. Coop. Exten. Serv. Hort. Info. Leaf. No. 802. 3 p.
- Wilson, L. G.; Boyette, M. D. & Estes, E. A. (1995). *Postharvest Handling and Cooling of Fruits, Vegetables and Flowers for Small Farms Part IV: Mixed Loads*. N.C. Coop. Exten. Serv. Hort. Info. Leaf. No. 803. 3 p.
- Zárate V., M. M. (Agosto de 1991). *El manejo poscosecha de frutas y verduras*. Agricultura Tropical. Vol. Número 2: 89-101.

