

Oportunidades de mejora en los procesos poscosecha de frutas y hortalizas



Oportunidades de mejora en los procesos poscosecha de frutas y hortalizas

Memoria

ÍNDICE

Recomendaciones para mejorar la maduración controlada de plátano (Musa AAA) en mercados locales.....	7
Tecnologías poscosecha para la maduración de tomate	13
Aplicación de tecnologías poscosecha en frutas y hortalizas fresca	25
Prevención de daño por frío poscosecha en tomate	41

Recomendaciones para mejorar la maduración controlada de plátano (*Musa AAA*) en mercados locales

M.C. Carlos Federico Demerutis Peña*

INTRODUCCIÓN

La comercialización de banano maduro en los países productores presenta una condición particular: son productores de fruta verde de excelente condición para el mercado internacional, pero carecen de fruta madura de calidad en sus diferentes mercados locales.

Esto se debe al desconocimiento de los correctos procesos de maduración controlada, aunado a la utilización de fruta de menor calidad estética.

Generalmente se tiene el concepto de que basta con llevar esta fruta a bodegas donde se aplique el gas etileno para lograr la maduración de un lote de bananos recién cosechados.

Algunas empresas deciden comprar cámaras de maduración controlada y acuden a distribuidores internacionales, pero el alto costo de las mismas, como la falta oportuna de suministros los hace abandonar la idea.

Por lo que es común ver en las empresas latinoamericanas que se dedican a madurar bananos, errores en la construcción de bodegas de maduración, en el uso de envases adecuados, en el acomodo de la fruta y, sobre todo, en la ausencia de un acondicionamiento previo y posterior de la fruta.

Por lo anterior, en este artículo trataremos de ofrecer una alternativa viable para lograr una correcta maduración controlada del banano en estas zonas de producción, utilizando un tipo de cámara de bajo costo y eficiente proceso de maduración.

PRINCIPALES RECLAMOS DE CALIDAD EN LOS MERCADOS LOCALES LATINOAMERICANOS DEL BANANO MADURO

Los reclamos por mal manejo poscosecha del banano maduro para consumo en fresco, se miden por las características de apariencia basadas en el color de la cáscara, y por los daños ocasionados a nivel de cutícula durante el cultivo y manejo poscosecha.

Los daños mencionados se reflejan en la disminución de calidad o aceptación del producto, así como el agravante del posible rechazo

* Universidad EARTH, Costa Rica.

de fruta; esto en conjunto constituye la causa de considerables pérdidas económicas que erróneamente se asignan a la totalidad del proceso.

Es común ver en los anaqueles de exhibición, bananos con colores verdosos, sobremaduros, deshidratados, rajaduras de la cáscara, coronas sueltas y manchas por golpes y abrasiones de la misma fruta.

PRINCIPALES ERRORES EN LOS PROCESOS DE MADURACIÓN CONTROLADA

Es frecuente que las empresas que se dedican a madurar bananos en los diferentes países latinoamericanos, cometan errores en la construcción de bodegas de maduración, en el uso de envases adecuados, en el acomodo de la fruta y, sobre todo, en la ausencia de un acondicionamiento previo y posterior de la fruta.

Todo lo anterior conlleva a resultados dispares en el grado de madurez deseado por la empresa, generando problemas de comercialización de la fruta en diferentes puntos de venta, llámese verdulería o supermercado.

RECOMENDACIONES ANTES Y DESPUÉS DEL PROCESO DE MADURACIÓN CONTROLADA

Las siguientes recomendaciones están pensadas para empresas que manejen de 100 a 140 toneladas de fruta mensuales, según grados de madurez requeridos, y que cuentan con equipos simples para el movimiento de fruta.

Por lo que los procedimientos sugeridos no conllevan uso de montacargas mecánicas o estibas dobles dentro de cámaras.

En una empacadora

- Utilizar para el empaque cajas plásticas con rejillas, con capacidad de 11 kilogramos, con bolsa plástica perforada.
- Solicitar que el empaque de la fruta sea de manera continua, reduciendo el intervalo entre la primera y última caja empacada.
- Que las cajas con fruta permanezcan en un lugar fresco y ventilado.
- Que se suban todas las cajas en un solo tiempo al camión para su traslado al *centro de maduración*.
- Que el camión tenga cobertura total del techo y ventilación natural a los costados (adrales), con cobertura total en la parte frontal y abierto en la parte posterior.
- Optimizar la ruta de transporte de la fruta, para reducir tiempos de traslado hacia el *centro de maduración controlada*.
- No trasladar la fruta empacada del día anterior.

- Recepción en el *centro de maduración controlada* en horas específicas exclusivamente.

En los centros de distribución o en un almacén de supermercado

- Colocar la fruta en una estiba máxima de cinco cajas (sobre una tarima) y cada hilera de cajas separada entre ellas (10 cm), en un lugar ventilado y fresco, lejos de fuentes de calor.
- Si se puede colocar algún ventilador que de manera indirecta les proporcionara aire fresco sería recomendable.
- No retirar o rasgar la bolsa plástica de la caja.
- Evaluar los procedimientos de recepción y almacenamiento de la fruta en los *centros de distribución* y supermercados.
- Evaluar la ubicación de los anaqueles de venta en cada supermercado.

RECOMENDACIONES DURANTE EL PROCESO DE MADURACIÓN CONTROLADA

Antes de entrar en detalles es importante considerar los ajustes a los procedimientos de maduración del banano según requerimientos de cada cliente, tales como la temperatura y el tiempo de maduración.

Los factores circulación de aire, ventilación de cámara, ubicación de los generadores de etileno, concentraciones de etileno y patrones de estiba, no varían significativamente.

Lo más importante es lograr que el lote de fruta ingrese a la cámara de maduración con una temperatura uniforme, y mantenga esta uniformidad térmica a lo largo del proceso de maduración.

En este esquema de procedimiento se considera que en una sola cámara se estará ingresando diariamente fruta para maduración, como también cada día se estará retirando fruta madurada según los requerimientos del cliente.

En centro de maduración controlada

- Recepción directa en *cámaras de refrigeración* a 57 °F (grados Fahrenheit) [equivalentes a 14 °C (grados centígrados)].
- Colocar la fruta en una estiba máxima de ocho cajas (sobre una tarima) y cada hilera de cajas separada entre ellas (2 centímetros).
- Almacenar la fruta un mínimo de dos, y un máximo de siete días.

Proceso de maduración controlada

- La temperatura de refrigeración de la cámara dependerá del grado de madurez y el tiempo que se piense utilizar, para proporcionar en la fruta un grado específico de madures deseado por el cliente, siendo ajustable entre 60 a 64 °F (15 a 18 °C).

- Colocar la fruta en estibas máximas de ocho cajas (sobre una tarima) y cada hilera de cajas separada entre ellas (2 cm).
- Gasificar con etileno entre 100 y 150 ppm (partes por millón) a la misma hora cada día.
- Ventilar la cámara diariamente por espacio de una hora, se puede aprovechar el tiempo de carga y descarga de la cámara.

CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA DE MADURACIÓN RECOMENDADA

En el diseño de esta cámara se considera la aplicabilidad a las condiciones económicas de las empresas locales, reduciéndose significativamente el costo en comparación a las cámaras de maduración disponibles actualmente en los mercados internacionales.

También se aplican los principios del uso de aire forzado en los procesos de refrigeración para optimizar el llenado de la cámara.

Dimensiones de la cámara de maduración

- 8 metros de largo
- 5 metros de fondo
- 3 metros de altura

Las cámaras descritas cuentan con paredes y techo en paneles térmicos, con láminas (exterior e interior) de acero al carbono galvanizado, con capa de recubrimiento galvanizado. Internamente se coloca un plenum para acople de las paletas de banana.

Equipos frigoríficos

Temperatura promedio de operación según grados de madurez deseados. La cámara sería provista con dos unidades condensadoras de 1 HP, enfriada por aire, equipadas con compresor hermético para refrigerante R22, para operar a 220/1/60 con una capacidad frigorífica de 37 mil 305 BTU¹/h a 48.2 °F (9 °C) SST. Con dos evaporadores, uno para cada unidad condensadora, con capacidad de 17 mil 200 BTU/hr @ 10 °F (12°C) TD, voltaje 220/1/60.

MOVIMIENTO DE FRUTA DENTRO DE LA CÁMARA DE MADURACIÓN

El uso de una sola cámara de maduración con estas dimensiones y diseño, permite una rotación diaria de fruta; es decir, admite mantener en un mismo momento lotes de bananos con diferentes días o grados de maduración, entregando fruta todos los días y aprovechando al máximo el espacio y recursos utilizados en el proceso de maduración controlada.

¹ British Thermal Unit: en español, Unidad Térmica Británica.

Diseño del plenum



Figura 1. Vista del plenum sin fruta.



Figura 2. Vista del plenum con fruta.

Con esta rotación de fruta se pueden entregar un promedio diario de 320 cajas de 11 kilogramos cada una, en un grado 4 de madurez, dando 105.6 toneladas mensuales de fruta uniformemente madurada.

Si el mercado local demanda fruta con grado 3, pudieran llegar a madurarse 140.8 toneladas mensuales de bananos en esta cámara.

Tecnologías poscosecha para la maduración de tomate

M.C. Manuel Alonzo Báez Sañudo*

M.C. Rosalba Contreras Martínez*

INTRODUCCIÓN

El tomate es uno de los productos líderes en el mercado de Estados Unidos, en términos de valor y volumen de consumo.

Para que la comercialización del producto sea exitosa, es necesario conservar la calidad del fruto desde el campo hasta que llegue al consumidor.

Los consumidores por lo general seleccionan el tomate por su apariencia (color, frescura y firmeza), pero seleccionan o compran de nuevo un producto (compras repetitivas) en base al sabor y la calidad.

Los tomates son muy sensibles al manejo rudo y a condiciones de almacenamiento inapropiadas. Debido a que las bajas y las altas temperaturas pueden dañar al tomate, el manejo adecuado de poscosecha y los métodos apropiados de almacenamiento son esenciales para mantener aceptable la calidad del fruto y extender su vida de anaquel.

La mayoría de los tomates del tipo saladette o bola son cosechados en el estado de maduración conocido como estrella o rayado [etapa de color 2 (*Breaker*)], aunque algunos pocos son cosechados en el estado cambiante [etapa de color 3 (*Turning*)] o en el estado rosa [etapa de color 4 (*Pink*)] (Figura 1).

Sin embargo, cuando se incrementa la demanda de tomates en los mercados nacionales y de exportación, los frutos pueden ser cosechados en estado verde maduro (etapa de color 1) que es cuando están fisiológicamente maduros aunque por fuera todavía no muestran coloraciones típicas de la maduración.

Un fruto de tomate en estado verde maduro muestra internamente un desarrollo completo del gel donde se alojan las semillas y estas no se cortan o rebanan cuando se pasa un cuchillo o navaja durante el corte (Figura 2).

Al cosechar tomates en estado de madurez verde-maduro, se asegura que los frutos madurarán correctamente en poscosecha, y que los frutos serán aptos para ser tratados con etileno para adelantar su maduración y responder así anticipadamente a las exigencias del mercado.

* Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD).

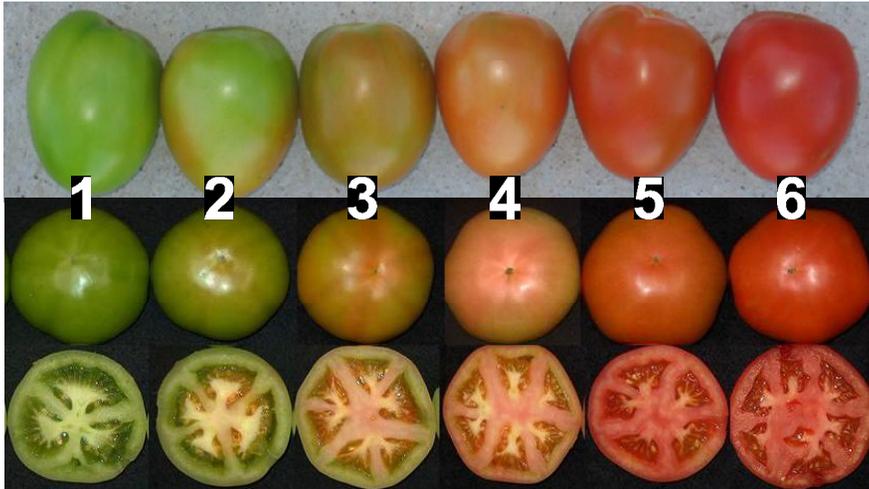


Figura 1. Índices de madurez en tomate de acuerdo al cambio de color.



Figura 2. Fruto de tomate en estado verde inmaduro (izquierda) donde se observan cavidades incompletas de gel y semillas no desarrolladas. A la derecha, fruto verde-maduro fisiológicamente con semillas y gel desarrollados completamente.

La calidad más apreciada de los tomates es cuando muestran un color rojo, son firmes pero de consistencia jugosa y de buen sabor. Las diferentes variedades de tomate pueden variar en gran medida en función de los componentes importantes de la calidad.

Los tomates con alto nivel de azúcar y un relativamente alto contenido de ácidos orgánicos son los de mejor sabor; por el contrario, tomates con bajos contenidos de azúcares y ácidos dan como resultado frutos insípidos o desabridos.

El desarrollo del gel o gelatina dentro de los lóculos (pequeñas cavidades en los órganos) de los frutos es muy importante para producir tomates de buen sabor.

Los tomates pueden cosecharse en diferentes etapas de madurez fisiológica o de madurez comercial, dependiendo de las exigencias del mercado.

Los tomates cosechados sin ninguna coloración roja externa se llaman verde-maduros; mientras que los cosechados en la etapa dos, también llamada estrella o rayado, o en etapas más avanzadas de coloración rojiza, se les llama tomates maduros.

Dado que los tomates maduros se vuelven menos firmes que los verde-maduros, deben tomarse medidas de cuidado muy estrictas en su manejo, para reducir el magullamiento, las compresiones y otros daños físicos.

La temperatura regula la velocidad de maduración de los tomates. Si los frutos se mantienen en condiciones de enfriamiento alrededor de 15 °C (grados centígrados) en lugar de temperaturas más bajas y después se maduran a temperaturas de alrededor de 20 °C, se logra obtener tomates de calidad superior.

Los frutos en la etapa de maduración 2 o de estrella, almacenados y madurados a temperaturas continuas de 15 °C tienen al menos dos semanas de vida de anaquel, presentando una alta calidad visual, con mayor firmeza y coloración roja, así como menor incidencia de pudriciones y menor pérdida de peso que los frutos madurados a temperaturas más altas.

Una vez que los frutos alcanzan la etapa de color rojo, se puede esperar una semana adicional de vida de anaquel (con pequeños cambios en firmeza y sabor) si la temperatura de maduración se mantiene a 15-20 °C y no son dañados físicamente.

Los frutos madurados a temperaturas por encima de 25 °C muestran ablandamiento excesivo y color escaso, ya que a altas temperaturas se inhibe la formación del pigmento rojo (licopeno) quedando los frutos amarillentos.

TECNOLOGÍAS POSCOSECHA EN EL MANEJO DE LA MADURACIÓN

Existen diversas tecnologías en poscosecha utilizadas principalmente para extender la vida comercial de los productos hortofrutícolas. Dichas tecnologías tienen diferente manera de actuar y la efectividad dependerá de varios factores como tipo de fruta (climática, no climática), estado de madurez, variedad, origen (tropical, subtropical, templado), composición química (contenido de agua, azúcar, acidez, etc.), entre otros.

A continuación se muestran algunas tecnologías mayormente utilizadas y se profundizará en los métodos utilizados actualmente para controlar la maduración de los tomates:

1. Refrigeración (manejo de temperatura y humedad relativa).

2. Cubiertas comestibles y películas plásticas.
3. Manipulación de la maduración por ingeniería genética.
4. Atmósferas modificadas y controladas.
5. Eliminación del etileno del cuarto frío (absorbedores).
6. Inhibición de la biosíntesis del etileno (AVG, AOA).
7. Inhibición de la acción del etileno (1-metilciclopropeno o 1-MCP).

Refrigeración (manejo de temperatura y humedad relativa)

El almacenamiento refrigerado es la técnica más ampliamente utilizada para la conservación de frutas y hortalizas.

El almacenamiento en refrigeración tiene como objetivo prolongar la vida de anaquel; ya que a medida que desciende la temperatura, se disminuye la actividad metabólica que ocurre al interior de las células del fruto, retrasando así su maduración.

Previo al almacenamiento los tomates deben ser enfriados utilizando el sistema de aire forzado. El enfriamiento se define como la remoción rápida del calor de campo a temperaturas óptimas cercanas a la temperatura de almacenamiento y es la primera línea de defensa en retardar los procesos biológicos que reducen la calidad de los tomates.

Un método rápido y efectivo de enfriamiento para eliminar el calor excesivo del campo mantiene la calidad y extiende substancialmente la vida de anaquel del tomate.

Además, el enfriamiento en conjunto con la refrigeración durante las subsiguientes operaciones de manejo, provee la *cadena de frío* desde el empaque hasta el supermercado para maximizar la vida poscosecha.

Los equipos de enfriamiento con aire húmedo pueden ayudar a reducir los efectos de deshidratación y minimizar la pudrición. El enfriamiento poscosecha es esencial para mantener la calidad pero no para mejorarla cuando se trata de un producto de baja calidad.

Una fruta cuyo destino sea mercados distantes [o en el caso de tomates en la etapa de maduración (o color) 4, 5, y 6] deberán de ser enfriados inmediatamente después de la cosecha para evitar que lleguen sobremaduros al consumidor.

Para mayor eficiencia del enfriamiento, es importante que la caja de empaque presente orificios de ventilación adecuados (5% del área), y que las cajas entre sí se encuentren alineadas sobre la tarima de manera que el aire frío fluya a través del producto durante el proceso de enfriamiento.

El tomate es una fruta tropical y es adversamente afectada por una exposición a bajas temperaturas, desarrollando un desorden

fisiológico conocido como daño por frío.

Los tomates son muy sensibles al frío y no deben almacenarse a temperaturas inferiores a los 10 °C [50 °F (grados Fahrenheit)].

Los síntomas de daño por frío en tomates pueden incluir: pérdida del sabor, desuniformidad en la maduración, áreas hundidas, ablandamiento prematuro y consistencia arenosa o granular cuando el fruto madura; y si los frutos son almacenados por periodos largos a bajas temperaturas, las pudriciones se incrementan.

El daño por frío es acumulativo y puede iniciarse en el campo antes de la cosecha; por lo tanto, la exposición prolongada de los frutos a temperaturas debajo de las recomendadas en el almacenamiento, incrementará la susceptibilidad de los tomates a mostrar síntomas de daño por frío.

Las temperaturas de almacenamiento recomendadas para tomates varían de acuerdo al estado de maduración de la fruta, (para tomate verde-maduro= 14-15 °C, y para tomate maduro= 9-10 °C).

Un control adecuado de temperatura es muy importante para el mantenimiento de la calidad y la vida de anaquel.

Los tomates verde-maduros (color 1) no deben mantenerse a temperaturas que retrasen su maduración por tiempos prolongados. Cuando los tomates verde-maduros son almacenados durante varias semanas a temperaturas de 12.8 °C, por lo general desarrollan pudrición y no maduran adecuadamente.

La temperatura óptima para la maduración de los tomates verde-maduro es de 18.5- 21 °C. A temperaturas arriba de 26.5 °C el tomate verde-maduro aparentará madurez pero no tendrá las mejores características de calidad en relación con el sabor.

Las temperaturas de 14-15 °C son las mejores para una maduración lenta en tomate verde-maduro y ayudan a prevenir una posible pudrición.

Los tomates verde-maduros almacenados a temperaturas debajo de 10 °C son susceptibles a la pudrición por *Alternaria*, la cual podría presentarse durante el desarrollo de la maduración.

Los tomates con color rojo-claro pueden ser almacenados a temperaturas entre 7 y 10 °C durante dos semanas. Un almacenamiento más prolongado afectaría su vida de anaquel.

Los tomates madurados en la planta deberán ser almacenados a temperaturas más bajas que las temperaturas de los tomates verde-maduros. Almacenar por algunos días a 5 °C puede ser aceptable, pero un almacenamiento prolongado a esta temperatura daría como resultado pérdidas de color, de firmeza, vida de anaquel y especialmente de sabor.

Los tomates de colores rosas a rojos cultivados en invernadero pueden ser almacenados a temperaturas de 10-12.8 °C y 90-95 % de humedad relativa.

Los tomates con menor grado de color deberán madurarse a temperaturas más altas (21 °C), antes de que se almacenen para su conservación a temperaturas entre 10-12.8 °C.

La vida de anaquel de los tomates está en función del estado de madurez. Los tomates verdes tienen de 21 a 28 días, los tomates rosados varían de 7 a 14 días y los tomates rojos de dos a cuatro días.

Cuando los frutos son cosechados en estados atrasados de madurez (colores 1 y 2) tardarán más días en completar el color rojo dependiendo de la temperatura de almacenamiento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de la temperatura en la maduración de tomates (días para completar el color rojo dependiendo del estado de madurez y temperatura de almacenamiento).

Etapa de madurez	Temperatura °C (° F)					
	12.5 55	15 59	17.5 64	20 68	22.5 72	25 77
	Días					
1 Verde-maduro 	18	15	12	10	8	7 
2 Estrella 	16	13	10	8	6	5 
3 Cambiante 	13	10	8	6	4	3 
4 Rosa 	10	8	6	4	3	2 

Adelantar maduración de tomates: tratamiento con etileno

El etileno es un gas de naturaleza propia, inodoro e insípido, que es producido de manera natural por diferentes productos hortícolas, incluyendo tomates. Los tomates verde-maduro muestran una maduración acelerada en presencia de etileno.

En la práctica común, los tomates verde-maduros son expuestos a etileno de manera comercial para adelantar su maduración y asegurar que esta sea uniforme.

Los tomates que no hayan alcanzado su madurez fisiológica en la planta pueden ser tratados con etileno, aunque la fruta no presentará características de buena calidad en sabor y color.

Igualmente la fruta que se encuentra en la etapa de rompimiento de color o fruta rayada (color 2-3), no se verá beneficiada por la presencia de etileno ya que el proceso de maduración ha iniciado

por la producción natural de etileno del tomate mismo, sin embargo existe evidencia de que la aplicación de etileno adicional acelera el proceso de maduración.

Aunque existen instalaciones comerciales para madurar tomates, los productores en pequeña escala a menudo encuentran más conveniente construir o equipar un cuarto pequeño para la maduración de sus productos.

Este debe tener un sellado hermético para evitar la fuga del gas etileno. Los pequeños productores pueden, incluso, rentar o comprar pequeños generadores de etileno (*ethylene generators*).

Se debe tener cuidado de mezclar, durante el transporte, tomate gaseado con etileno con otras frutas que producen por sí mismas grandes cantidades de etileno (manzanas, melones, plátanos, aguacates), ya que aceleran el proceso de maduración de los tomates que se encuentran a su alrededor.

Los tomates verde-maduro pueden ser tratados con etileno en diferentes puntos del manejo comercial para iniciar el proceso de maduración. La respuesta de los frutos es mayor si son tratados rápidamente después de la cosecha y no después de almacenarse en frío.

Los tomates parcialmente maduros no se ven beneficiados con el gaseo de etileno así como los frutos inmaduros o tiernos no lograrán desarrollar completamente el color y se quedarán verdes o con coloraciones irregulares.

Se recomienda usar una concentración de etileno de 100-150 ppm (partes por millón) por 24 a 72 horas a una temperatura de 18-20 °C con alta humedad relativa (>90%). El tiempo de gaseo con etileno dependerá del estado de madurez que se tenga en la cosecha.

Los tomates verde-maduros deben responder al tratamiento dentro de 3 o 3.5 días máximo para alcanzar las etapas de cambio de color de estrella y cambiante (color 2-3). Los frutos que no muestren cambios de color externo dentro del tiempo mencionado, deben desecharse, ya que no lograrán madurar aun dejándolos más tiempo en las condiciones mencionadas (Figura 3).

Es primordial ventilar los cuartos de maduración cada 6 o 12 horas, dependiendo de las dimensiones del mismo, para remover el exceso de CO₂ (dióxido de carbono) producto de la respiración de los frutos y mantenerlo por debajo del 1%, de lo contrario la maduración se vuelve muy lenta e irregular.



Figura 3. Proporción de tomates de una caja en diferentes estados de madurez después de haber sido tratados con etileno en estado verde maduro.

Una vez que el etileno ha iniciado la maduración de los frutos, expresado por los cambios de color externo, la madurez para el consumo puede completarse en unos días dependiendo de los rangos de temperatura utilizados durante el almacenamiento y la comercialización.

La falta de sabor en los tomates cosechados verde-maduros, y que fueron madurados con etileno, puede deberse a diversos factores: cosecha de frutos inmaduros fisiológicamente, grandes retrasos entre la cosecha y el tratamiento con etileno, condiciones de aplicación de etileno inapropiadas [baja concentración y humedad relativa (HR), menor tiempo de exposición], almacenamiento a temperaturas más bajas que las recomendadas y daños mecánicos que pueden provocar pérdida de sabor.

Retrasar maduración de tomates: tratamientos anti-etileno

En los últimos años, se ha prestado mayor atención a las tecnologías poscosecha que puedan mantener la calidad para alcanzar mercados distantes con una mejor presentación.

El tratamiento más utilizado para reducir la velocidad de maduración ha sido la combinación de la refrigeración con las cubiertas comestibles, como ceras; y el uso de películas plásticas, como el empacado en bolsas. Debido a que estas limitan la difusión de los gases, lo que crea una atmósfera modificada en

el interior (disminuyen los niveles de oxígeno y aumentan los de CO_2) provocando que disminuya la tasa respiratoria, con lo que se retarda el proceso de maduración y senescencia; además de que proporciona al producto características especiales de brillo, reduce las pérdidas de peso en la poscosecha al disminuir la pérdida de humedad, proporciona protección contra organismos que causan pudrición, y mejora los beneficios de comercialización.

Otras tecnologías empleadas para reducir la maduración se basan en remover el etileno de la atmósfera de almacenamiento. El método más utilizado ha sido el uso de permanganato de potasio (KMnO_4), un químico que tiene la capacidad de absorber etileno y oxidarlo para convertirlo en bióxido de carbono y vapor de agua. En cuartos de almacenamiento se utilizan equipos purificadores de aire que contienen dicho material; sin embargo, estos pierden efectividad, ya que el material que absorbe al etileno se satura o el aire que rodea a los frutos no circula a través de ellos, o si la fuente de etileno es el tejido mismo de los frutos. Comercialmente, un sobre de 1 gramo de permanganato de potasio será útil para absorber el etileno producido por una caja de tomates de 25 libras en color 2-3, por un periodo de 2.2 días a 20°C . Cuando los tomates están más rojos (color 4-5) producen menos etileno, por lo que un sobre de 1 gramo en las mismas condiciones será efectivo en eliminar el etileno hasta por 5.5 días. Lo anterior es importante cuando los tiempos de almacenamiento y transporte serán prolongados.

Otros productos que absorben etileno son el carbón activado y el carbón brominado, los cuales purifican el aire; son efectivos, siempre y cuando el carbón no se sature, pero presentan la desventaja de generar gas bromuro (un compuesto potencialmente peligroso para la salud humana) cuando están en contacto con humedad excesiva.

Los métodos para inhibir la presencia de etileno en los frutos durante la fase de madurez fisiológica a comercial se basan en inhibir la biosíntesis de etileno; es decir, no permitiendo la formación de este gas por el mismo fruto; y previniendo que el etileno ya presente en la atmósfera alrededor del fruto, se una al sitio de acción en el tejido que conlleve a los cambios indeseables en el fruto como el ablandamiento prematuro y el rápido desarrollo del color.

El control en la biosíntesis o producción de etileno por los frutos puede ocurrir en dos lugares dentro de su ruta.

El primero es inhibir la actividad de la enzima ACC sintetasa, la responsable de formar el compuesto intermediario 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC), a partir del compuesto S-adenosil metionina (SAM). Inhibidores químicos específicos de la producción de etileno en este punto han sido

identificados, incluyendo el aminoetoxivinilglicina (AVG) y el ácido aminooxiacético (AOA). Estos inhibidores de la producción de etileno han sido formulados comercialmente en soluciones para tratar frutas principalmente en precosecha (ReTain®, Valent Biosciences Co.); sin embargo, no confieren protección contra el etileno que ya se encuentra presente en la atmósfera (etileno exógeno).

El segundo punto donde se puede inhibir la formación de etileno en los tejidos vegetales, es frenando la actividad de la enzima ACC oxidasa o EFE (enzima formadora de etileno). Concentraciones reducidas de oxígeno (empaquete en bolsa de plástico) y exposición de frutos por tiempos cortos a altas temperaturas (55 °C/12 segundos) son tratamientos efectivos en reducir la actividad de esta enzima, por lo cual la vida de anaquel de los frutos se extiende por la baja producción de etileno.

Una tecnología novedosa que no permite que el etileno ya presente en la atmósfera del cuarto frío se una al sitio activo de la célula desencadenando los cambios en la maduración, es el compuesto químico 1-metilciclopropeno o 1-MCP. Este compuesto se comercializa como SmartFreshSM (Agrofresh, Inc.) y es un gas que se aplica en cuartos herméticos para no permitir que el etileno producido por las frutas o de alguna fuente de contaminación externa como los montacargas de gas, pueda actuar adelantando la maduración.

La efectividad de dicho tratamiento en retrasar la maduración dependerá de varios factores, como la concentración o dosis utilizada, el tiempo de exposición de la fruta al gas, la temperatura de aplicación, el cultivar y la variedad, así como el estado de madurez y las condiciones de almacenamiento.

Se ha observado que tomates en color 2 (estrella o rayado) tratados con 1-MCP logran retrasar la maduración hasta 10 días en condiciones de anaquel sin afectar las características de sabor como acidez y °Brix¹ (Figura 4).

También la aplicación de diferentes concentraciones de 1-MCP retrasó la maduración de tomates tipo saladette o roma, mostrando un efecto escalonado en la pérdida de firmeza y el cambio de color en función de la dosis utilizada (Figura 5).

La posibilidad de reducir o inhibir la producción de etileno durante la maduración de los frutos, es una novedosa tecnología que permite disminuir la tasa de maduración y la velocidad de deterioro, alargando la vida de anaquel de los productos hortofrutícolas.

Alcanzar estos objetivos son importantes, especialmente cuando 1 °Brix/acidez: medida que indica en qué proporción están los azúcares con respecto a los ácidos.

se saturan los mercados, o cuando se pretende llegar a mercados lejanos como Europa y Japón con frutos de excelente calidad, basados principalmente en las características de sabor y apariencia.

Actualmente, la información acerca de como actúan estos productos sigue siendo limitada, así como de los efectos que diferentes concentraciones tienen en inhibir o reducir la síntesis de producción de etileno, y en consecuencia disminuir la velocidad de maduración y mantener la calidad poscosecha de los frutos.



Figura 4. Retraso en la maduración de tomate bola en madurez estrella-rayado (color 2) con la aplicación de 1-MCP. Después de 24 horas de aplicación (arriba) y después de siete días a 20 °C (abajo). Nótese que son las mismas cajas en ambas fechas.

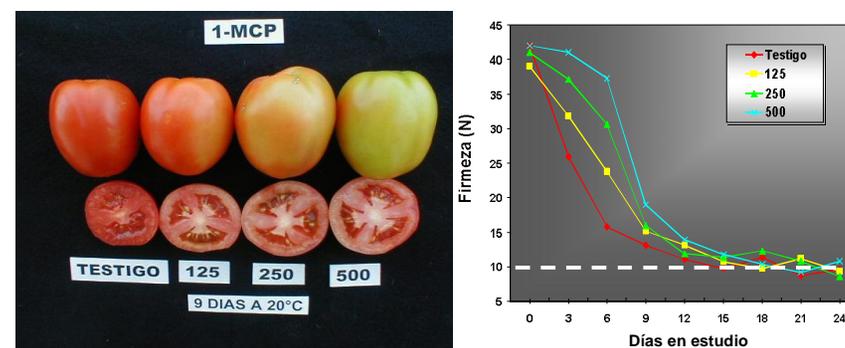


Figura 5. Pérdida de firmeza (izquierda) y desarrollo de color rojo (derecha) de manera escalonada de acuerdo a la dosis de 1-MCP en tomate saladette. Valores de firmeza por debajo de 10 Newton se consideran límites para comercializar el tomate.

BIBLIOGRAFÍA

Báez-Sañudo, M., J. Siller, D. Muy, E. Araiza, L. Contreras y A. Sañudo. 2001. SmartFresh™: Una novedosa tecnología para extender la vida de anaquel en tomate. Tecnología de Alimentos. Vol. 36, Núm. 3. P. 7-11.

Cantwell, M. 2004. Optimum procedures for ripening tomatoes. Management of fruit ripening. Postharvest Horticulture Series No. 9. April, 2004. Pp. 85-95.

Jiménez, H. Mendoza. 1998. Estudio del contenido en licopeno de diferentes variedades de tomate. Instituto Tecnológico de Canarias. ATYCA, 8,9

Kader, A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops. Agriculture and Natural Resources Publications. University of California, USA.

Kader, A.A., L.L. Morris, M.A. Stevens and M. Albrigh-Holton. 1978. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103:(1).

Rohwer, C.L. and R.J. Gladon. 2001. 1-Methylcyclopropene delays ripening of pink and light red tomatoes. HortScience 36(3): 466.

Santiago, José. 2001. Evaluación de las exportaciones de tomate de México. Productores de Hortalizas. Septiembre de 2001. Pag. 14-18.

Siller, J., M. Alvarado, M. Báez, E. Araiza y L. Contreras. 2001. Control de la maduración con etileno y SmartFresh™ (1-MCP) en frutos de tomate bola utilizados en invernadero. Memorias del IX Congreso de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Horticultura Mexicana 8(3): 330.

Suslow, T.V. and Cantwell, M. 2004. Produce facts tomato. Recommendations for maintaining postharvest quality. Management of fruit ripening. Postharvest horticulture series No. 9. April. University of California. Pp. 93-95.

USDA (United States Department of Agriculture). 1991. United States Standards for Grades of Fresh Tomatoes. Agricultural Marketing Services. Fruit and Vegetable Division. P.14.

Aplicación de tecnologías poscosecha en frutas y hortalizas frescas

M.C. Carlos Federico Demerutis Peña*

MANEJO POSCOSECHA

Aspectos fisiológicos involucrados

METABOLISMO (TEMPERATURAS EN EL CAMPO)

Una fruta que está a una temperatura ambiente de 15 °C (grados centígrados) HR (humedad relativa) de 90% transpira más que si está a 5 °C con la misma HR.

Esto se explica porque al elevarse la temperatura el agua tiene mayor capacidad para evaporarse, por lo que el déficit de presión de vapor se incrementa si la temperatura se incrementa.

Por otro lado, la respiración como otros procesos enzimáticos se ven afectada por la temperatura, dentro de ciertos límites la tasa de las reacciones enzimáticas se duplica, aproximadamente por cada 10 °C de elevación de la temperatura; este valor es expresado cuantitativamente por medio del coeficiente de temperatura (Q10).

Con el aumento de la temperatura se presenta un incremento gradual de la actividad enzimática; si se continúa elevando la temperatura por encima de 35 °C puede haber una caída progresivamente más rápida de la respiración debido a la desnaturalización y destrucción de las enzimas por el calor y finalmente el rompimiento del mecanismo respiratorio.

Las temperaturas bajas también tienen efecto sobre la respiración ya que ocasiona una disminución en la actividad metabólica.

La radiación solar durante la cosecha y traslado a empacadora, afecta la calidad estética del producto, ya que puede manchar la piel y ser infestado por patógenos posteriormente.

Estrés (condiciones precosecha y cosecha)

Situaciones climáticas, mal manejo y enfermedades del cultivo, originan que la fruta se estrese y se disparen los procesos metabólicos de destrucción y muerte de las células.

Ejemplos:

- Niveles altos de patógenos en campo provocan sobremaduración prematura en banano.

- Vibración durante el transporte a la empacadora acelera el metabolismo del producto.

* Universidad EARTH, Costa Rica.

Daños durante la cosecha

DAÑOS POR COMPRESIÓN

Cuando la presión que soporta el producto está por encima del nivel máximo o umbral, puede ser lastimado. Este daño podría darse como resultado del exceso de frutas en una caja y luego apilarlas en donde las cajas inferiores soportan el peso de las cajas superiores. Esto también se presenta en la estiba de bultos, donde las capas inferiores se ven perjudicadas.

Los daños por compresión también pueden estar relacionados al contenido de la humedad, entre más alto sea el contenido de humedad mayor es la susceptibilidad, lo que se puede relacionar con los efectos culturales de la precosecha.

Daños por impacto

Estos ocurren cuando el fruto sufre una caída o algo lo golpea. El daño puede ser obvio en la superficie del fruto como también en su interior. El cambio de color interno de la piña es una forma común que se presenta con este último ejemplo.

Aun cuando el fruto se protege dentro de una caja de campo o en un contenedor, los daños por impacto se pueden presentar si la caja se deja caer o hay un exceso de carga en la caja o contenedor.

Para evitar los daños por impacto, los frutos deben ser manejados con mucho cuidado; particularmente en la cosecha se deben utilizar materiales acolchados para amortiguar la caída del fruto y estas distancias de caída deben mantenerse lo más cortas posibles.

Daños por vibración

Sucedan cuando el fruto es transportado, especialmente en camiones. Se presenta comúnmente cuando el producto es colocado a granel en el camión o en cajas; en gran parte es el resultado del movimiento e impacto de los frutos superiores entre sí o contra las paredes del camión o la caja.

Esto puede generar un incremento en la tasa de respiración del fruto, como también daños en su superficie. Para minimizar el efecto se necesita colocar el fruto de tal forma que quede ajustado para reducir su movimiento o colocar algún material sobre ellos que reduzca el movimiento durante su transportación a la empacadora.

Heridas (entrada de patógenos)

El maltrato durante la cosecha ocasiona heridas, las cuales además de ser una entrada a patógenos, aceleran el metabolismo del producto.

Las bacterias y los hongos son los principales patógenos que inciden en la etapa poscosecha de las frutas y hortalizas, por tal motivo es importante conocer su forma de acción.

BACTERIAS

Dependen de aberturas naturales y de heridas para penetrar al tejido del fruto. Después de la penetración, secretan enzimas que degradan la pectina de la lamela media de las células (es la conexión entre las paredes primarias de dos células vecinas) causando así la desintegración de los tejidos y el síntoma típico de pudrición.

Las bacterias más comunes son: *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Clavibacter*, *Bacillus* y *Clostridium*.

HONGOS

Se les ubica en dos tipos de infecciones:

- Infecciones latentes: pueden ocurrir por aberturas naturales o directamente por la peridermis, se originan en la etapa de precosecha. Ejemplo: *Colletotrichum*.

- Infecciones activas: generalmente ocurren a través de heridas o daños mecánicos, se dan en la etapa poscosecha. Ejemplo: *Rhizopus*.

Los hongos más comunes en poscosecha son: *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Botrytis*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Geotrichum*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Sclerotium*, *Sclerotinia*, *Cladosporium*, *Rhizoctonia*, *Phoma*, etc.

Transpiración (pérdida de frescura del producto)

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA TRANSPIRACIÓN

Factores Externos	{ Presencia de un déficit de presión de vapor
	{ Temperatura.
	{ Movimiento del aire
Factores Internos	{ Tipo de fruta (carnosa o seca)
	{ Tamaño (superficie de exposición al aire)
	{ Composición y estructura (grosor de la cáscara)
	{ Daños Físico (heridas)

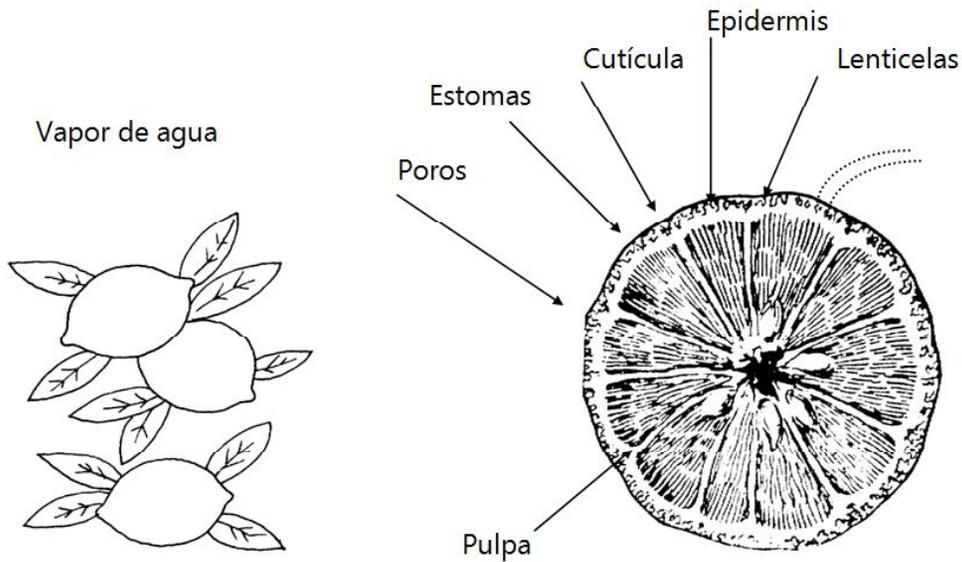


Figura 1. Ilustración del proceso de la transpiración.

Tasa de pérdida de humedad de los productos

Por el tipo de producto, tamaño, composición y estructura, podemos agrupar a las frutas y verduras en tres categorías de pérdida de agua:

TASA ALTA DE PÉRDIDA

Acelga, brócoli, melón cantalupo, cebolla verde, cereza, ciruela, colinabo, durazno, frambuesa, fresa, guayaba, higo, hongos, litchi, mora, papaya, piña, uva, verduras con hojas, verduras de hojas.

TASA MEDIANA DE PÉRDIDA

Aguacate, alcachofa, apio, arándano, banano, calabacita de verano, camote, col de Bruselas, coliflor sin envoltura, ejote, espárrago, granada, limón real, lima ácida, maíz dulce, melocotón, membrillo, mango, naranja, ñame, oca, pera, pimiento, puerro, rábano, remolacha, repollo, tangerina, tomate, toronja, zanahoria sin hojas.

TASA BAJA DE PÉRDIDA

Ajo, berenjena, calabaza, cebolla seca, jengibre, kiwi, manzana.

De manera general se acepta por parte de los consumidores de un 5 a 8 % de pérdida de peso en todas las frutas y verduras; es

decir, el consumidor final no aprecia una deshidratación mínima, considerando fresco el producto.

Producto	Porcentaje de pérdida aceptada
Manzana	5
Espárrago	8
Coliflor	7
Pepino	7
Lechuga	3-5
Cebolla	10
Naranja	5
Papas	7
Espinacas	3

Respiración

Basándose en su actividad respiratoria las frutas se dividen en dos grupos: uno cuyos miembros exhiben un aumento en la respiración en una de sus últimas etapas, en contraste con los del otro grupo en los cuales no se presenta esta alza. Así, los frutos del primero son denominados climatéricos y los del segundo no climatéricos.

Ejemplos de frutos tropicales y subtropicales

FRUTOS CLIMATÉRICOS

Aguacate, guayaba, chirimoya, maracuyá, plátano, banano, mango, melón, papaya, sandía, guanábana.

FRUTOS NO CLIMATÉRICOS

Piña, limón, lima ácida, mandarina, naranja, toronja, fresa, marañón, litchi, pepino, chile (algunas variedades).

Significancia de la respiración en la biología poscosecha

- Pérdida de sustratos
- Requerimientos de O_2
- Producción de CO_2
- Producción de energía (calor)

Factores que afectan la actividad respiratoria

Se pueden dividir en dos grupos: los internos son aquellos debidos a la naturaleza del fruto y los externos debidos al medio que lo rodea.

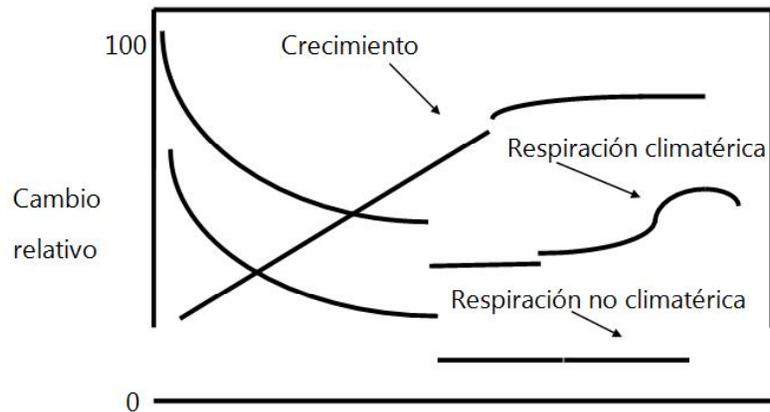


Figura 2.- Patrones de crecimiento y respiración durante el desarrollo.

INTERNOS

- Estado de desarrollo.
- Composición química del tejido (C.R.).
- Tamaño del producto.

EXTERNOS

- Temperatura (Q10).
- Niveles de O_2 y CO_2 .
- Niveles de etileno.
- Daños mecánicos.
- Microorganismos.

MADURACIÓN Y SOBREMADURACIÓN

Al medir la actividad respiratoria de las frutas denominadas climatéricas, desde la división celular hasta su muerte, se pueden ubicar las diferentes etapas por las cuales estas pasan.

En el caso de las frutas no climatéricas es difícil precisar las últimas etapas.

OPORTUNIDADES DE MEJORAS DE LOS PROCESOS DE EMPAQUE

Manipulación de la cosecha (mínimo y necesario)

Existe un principio básico si se desea alargar al máximo la vida útil del producto fresco: evaluar cada una de las operaciones de empaque y tratar de reducirlas al máximo.

Entre menos posibilidad de manipulación del producto, se tendrá un fruto con mayor vida de anaquel.

Cuadro 1. Relación entre la tasa respiratoria y la vida de almacenamiento de las frutas y hortalizas.

Producto	Tasa de respiración	Vida de almacenamiento
Papa, col, cebolla manzana y cítricos	Lenta	Larga
Lechuga, puerro, coliflor, fresa, pera y durazno	Moderada	Corta-moderada
Col de Bruselas, espinacas y alcachofas	Alta	Corta
Espárrago, brócoli y champiñones	Muy alta	Muy corta

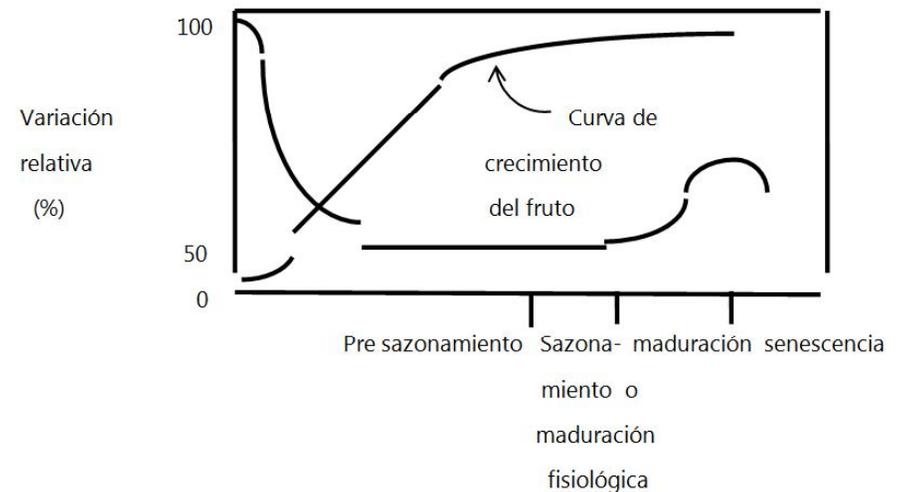


Figura 3. Diferentes etapas de una fruta climatérica.

Aparato de grabación de impactos: IRD (Impact Recording Device)



Este equipo permite identificar el lugar y severidad de los golpes producidos por el manejo del producto.

El IRD es colocado en el mismo proceso de manipulación de los productos, este registra los brinco e impactos producidos durante la manipulación *in situ*¹. Los datos son registrados y almacenados por la esfera y posteriormente transferidos a una computadora para su interpretación y generación de un reporte.

Llenado de cajas, acomodo en el camión, condición del vehículo

El uso de las cajas de campo debe ser adecuado, nunca llenar más de tres cuartos (75%) de la caja, y colocarlas en un lugar sombreado y ventilado.

El transporte debe tener techo y permitir la ventilación. Es relevante que se tenga un buen sistema de suspensión para reducir al máximo los golpes por movimientos bruscos durante su traslado.

Reducción de daños mecánicos por comprensión y abrasión durante el traslado a la empacadora, los amortiguadores de golpes

Las almohadillas amortiguadoras protegen a las frutas y hortalizas durante el manejo en el campo, planta de empaque, embalaje, manipulación o transporte.

¹ Los ensayos *in situ* son literalmente los que se realizan en el mismo lugar donde se encuentra el objeto de análisis.

Este tipo de espuma de PVC no absorbe agua, amortigua golpes y disminuye el rebote del producto.

Recepción en empacadora

Los productos al llegar a la empacadora, generalmente presentan temperaturas entre 27 y 35 °C, lo que ocasiona un incremento en su susceptibilidad al daño por movimiento durante los procesos de empaque.

Se debe reducir cuanto antes el calor de campo de las frutas y verduras para bajar su metabolismo, incrementando su vida útil.

Agua fría, agua ambiente, en seco

Los productos deben recibirse en agua para evitar los daños durante la descarga, siempre manteniendo una alta calidad del agua.

La cloración es un proceso químico dinámico, su efectividad está influenciada por varios factores, y requiere de monitoreos constantes para mantener los niveles apropiados del cloro activo durante el proceso de lavado de los productos.

Los factores a controlar son: el pH (acidez) de la solución, la concentración de cloro activo (hipoclorito de sodio), temperatura del agua, la presencia de materia orgánica y suelo, el tiempo de exposición, y la carga microbiana.

Por ejemplo, el pH de la solución tiene un efecto significativo sobre el nivel de actividad de la cloración. Cuando el gas clorinado o una de las sales de hipoclorito es adicionada al agua, puede generar gas clorinado (Cl_2), ácido hipocloroso (HOCl), o iones hipoclorito (OCl) en varias proporciones, dependiendo del pH de la solución.

La forma deseada para cloración es el ácido hipocloroso (HOCl). Los iones Hipoclorito son relativamente inactivos, y el gas clorinado rápidamente burbujea fuera de la solución, causando inconformidad a los trabajadores y no sirviendo para su propósito.

Si es posible, se debe utilizar agua fría para reducir el metabolismo del producto antes de su manipulación en la línea de empaque.

Algunos productos deben recibirse en seco, ya que son muy sensibles al contacto con agua, como el chile dulce.

Selección

Eliminar todos los productos que no reúnen las características para su venta o procesamiento.

Encerado (antes y después)

La aplicación de ceras reduce la transpiración del fruto, ocasionalmente pueden reducir la disponibilidad de oxígeno

externo (en piña y yuca).

La humedad residual puede provocar condensación y futuras pudriciones, por lo que es importante realizar un correcto proceso de secado posterior al encerado.

En el caso de la yuca, el encerado es después del secado, utilizándose grandes hornos con temperaturas aproximadas de 85 °C.

Empacado (uso de cajas de cartón)

La función del envase es contener, proteger, transportar, explicar y vender el producto. Además, debe presentar una resistencia a una atmósfera húmeda, permitir el intercambio gaseoso, facilitar el flujo de aire frío, ser ligero para reducir costos de transporte, entre otros aspectos.

El diseño del envase se vuelve un factor muy importante: se debe elegir cuidadosamente el tamaño, materiales y forma. Sin olvidarse del tipo de tarima que se utilizará en la carga unitaria estable.

La agroempresa exportadora debe garantizar en todo momento la sanidad del material de empaque, desde que sale de la empresa cartonera, cuando es utilizado en la línea de empaque, y cuando se embarca. Las áreas específicas para esta labor dentro de la empacadora deben estar bien definidas.

Paletizado

Además de la resistencia a la estiba, es importante garantizar que el producto que se encuentra dentro de las cargas unitarias tendrá los niveles adecuados de O₂ y CO₂, como también la facilidad de eliminar el calor generado por su propia respiración.

El uso de maderas adecuadas que den resistencia a la tarima siempre se ha considerado, los aspectos que no siempre se toman en cuenta son:

- Algunas maderas pueden generar etileno y dañar la vida útil de las frutas.
- El diseño no siempre coincide con la ubicación de los orificios de las cajas de cartón.

Sanidad de equipos y del personal

La falta de limpieza en el lugar de empaque puede aumentar considerablemente el riesgo de contaminación de las frutas y vegetales, como del agua que se use en las mismas. Por ello los equipos deben estar diseñados y ubicados de tal forma que permitan la limpieza constante y la no acumulación de contaminantes.

Los empleados que trabajan con productos frescos deben

Áreas internas

Áreas externas

Recepción de materia prima	Vías de acceso restringido
Acondicionamiento del producto	Baños y vestuarios
Empaques vacíos	Comedor
Almacenamiento de producto final	Bodegas (cartón, tarimas, agroquímicos)
Laboratorio	Áreas para descanso del personal
Oficina	Tratamiento de aguas residuales

cumplir con las normativas de higiene de la empresa, de lo contrario aumentan el riesgo de transmisión de enfermedades por los alimentos.

Instalaciones básicas de la empacadora (distribución de áreas)

El concepto de un *sistema poscosecha eficiente* dentro de una planta de empaque, donde la protección del ambiente, la seguridad y confort de los trabajadores, como la calidad del producto fresco que la empresa produce, hacen que la distribución de áreas de trabajo sea una necesidad básica.

Preenfriado (aire forzado)

El preenfriado es la operación mediante la cual se elimina el *calor de campo* del producto, hasta alcanzar la temperatura recomendada de almacenamiento o transporte.

Desde que se inicia la reducción de la temperatura hasta que se llega a la temperatura deseada deben transcurrir máximo 24 horas; un tiempo mayor ya no se considera preenfriado. Generalmente se realiza una vez que el producto ha sido empacado.

Esto es particularmente importante para los productos que generan bastante calor de respiración, como el maíz dulce y el brócoli. Sin embargo, extraer el calor de campo de cualquier producto tan rápido como sea posible es lo más recomendable.

El preenfriado con aire forzado se realiza dentro de una cámara fría, donde se aplica una velocidad adecuada de circulación de aire frío alrededor y entre los recipientes. Es efectivo para la mayoría de los productos, en especial para fresas, uvas y flores cortadas.

ASPECTOS A CONSIDERAR

- Tiempo entre la cosecha y el preenfriamiento.
- Tipo de contenedor de embarque (diseño de la caja).

- La superficie de contacto entre la fruta y el medio.
- La diferencia de temperatura entre el producto y el aire.
- La tolerancia del producto al aire.
- El saneamiento del aire.
- El mantenimiento de la temperatura después del preenfriado.

PRECAUCIONES AL REALIZAR EL PREENFRIADO

- Determinar el porcentaje de humedad del aire según el tipo de producto.
- Evitar que la temperatura esté por debajo de la recomendada, la mayoría de los productos tropicales son sensibles al daño por frío.
- El equipo debe ser higienizado continuamente.
- Evitar que los productos vuelvan a calentarse.
- Vigilar que las operaciones de transporte, prácticas de tránsito y almacenamiento sean las adecuadas.

Almacenamiento

Lo más eficiente es pensar en cámaras de mantenimiento de la temperatura, no de reducción de la temperatura.

El uso de tecnologías limpias en el almacenamiento refrigerado, el oxígeno ionizado

El concepto de *aire sano* para mejorar la competitividad hortofrutícola, es una tecnología nueva que mejora la sanidad de las frutas y verduras, sin incorporar más aditivos que una molécula más de oxígeno en el aire. Esto disminuye la necesidad de utilizar químicos para controlar plagas en niveles seguros.

Se trata de una tecnología limpia, aplicable también a otros ámbitos; su instalación es sencilla y no requiere modificaciones en las cámaras de almacenamiento. El proceso consiste en activar de manera controlada una proporción de oxígeno presente en el aire ambiente, que una turbina del equipo capta, la hace pasar por el reactor cuyas condiciones eléctricas genera el oxígeno ionizado.

Los iones son elementos de alta energía que reaccionan con las moléculas orgánicas y los microorganismos, los destruyen y además generan ozono diluido. Las moléculas pasan de dos a tres átomos de oxígeno.

De esta manera, las frutas y verduras resultan más manejables que en el caso de los sistemas de atmósfera controlada, donde se tienen restricciones de supervisión directa.

Transporte

INSPECCIONAR EL EQUIPO DE TRANSPORTE ANTES DE CARGAR

Es importante el inspeccionar si el contenedor presenta señales de suciedad, rastros de vegetales, o cualquier materia extraña que pueda ser un punto de contaminación. Además, es clave el revisar su hermeticidad (daños en su estructura) para evitar la entrada de calor.

DETERMINAR EL MOMENTO DE LA CARGA

Siempre el momento más adecuado de carga será cuando las condiciones ambientales permitan que el producto no se exponga a condiciones diferentes de temperatura y humedad a las que ha sido mantenido, los cambios de temperatura pueden provocar condensación en la superficie del producto y de la caja de empaque.

GARANTIZAR LA CIRCULACIÓN DEL AIRE Y CONTROL DE LA TEMPERATURA

Antes de tomar la decisión del sistema más adecuado para colocar nuestro producto dentro de un contenedor, debemos considerar los siguientes aspectos:

- Aumento del calor interno debido a altas temperaturas del exterior.
- Calor generado por la respiración del producto.
- Concentraciones de etileno.
- Daños por sobreenfriamiento durante la operación de la unidad de refrigeración.
- Posición de los orificios de ventilación de las cajas.

TRANSPORTE DE CARGAS MIXTA, PRODUCTOS COMPATIBLES

Existen grupos de productos que pueden transportarse y almacenarse juntos, debido a que presentan semejanzas en cuanto a sus niveles de respiración, producción/sensibilidad al etileno, susceptibilidad a bajas temperaturas y olores.

TRANSPORTE DE PRODUCTOS NO COMPATIBLES, USO DE ATRAPADORES DE ETILENO, 1-MCP

En algunas ocasiones debido a los volúmenes de producto o a las posibilidades de comercializar varios productos a la vez, se requiere transportar productos que no son compatibles en alguno de los aspectos arriba mencionados.

Por ejemplo el envío en un mismo contenedor refrigerado de papayas (700 cajas), piñas (150 cajas) y sandías (150 cajas), requiere de varios análisis.

1. La temperatura y HR a utilizar para evitar el daño por frío y por otro lado no reducir la vida útil de un producto en particular.
2. La sandía presenta una alta sensibilidad al etileno.
3. La papaya genera etileno.

La respuesta posible sea el utilizar la temperatura de 8 °C y algún medio para atrapar el etileno producido por la papaya y que así no dañe a la sandía, por lo que se deberá colocar un panel de permanganato de potasio en la zona del evaporador del contenedor.

La marca comercial de este absorbedor de etileno es Ethylene Control, es un compuesto en polvo aglomerado, tratado científicamente para reaccionar al contacto con el gas etileno. Esta reacción oxida los gránulos (*pellets*), convirtiéndolos en dióxido de magnesio, un fertilizante de acción gradual, es completamente seguro y biodegradable.

Otra solución sería utilizar el 1-MCP (1-methyl cyclopropeno), un sustituto que ocupa el espacio en donde el etileno se sitúa y retarda el proceso de maduración de las frutas, se utilizan dosis de ppb (partes por billón).

El producto fue calificado como biopesticida por parte de la EPA, definiéndolo como de riesgo reducido debido a que su uso es extremadamente bajo y su seguridad altamente favorable.

La marca comercial es SmartFresh, formulación en polvo que contiene 3.3% de 1-metilciclopropeno y es producida por Rohm and Hass Co. La liberación del gas se logra colocando la cantidad de producto necesaria para obtener la concentración requerida dentro del contenedor y al adicionar agua, el producto inicia la liberación del gas.

CONCLUSIONES GENERALES

Es importante recordar algunos aspectos claves para lograr el éxito en el manejo poscosecha de las frutas y hortalizas:

- Calidad inicial del producto.
- Madurez hortícola deseada.
- Acondicionamiento óptimo del producto.
- Condiciones ambientales adecuadas.
- Buenas condiciones sanitarias.
- Manejo cuidadoso del producto en todo el sistema poscosecha.

BIBLIOGRAFÍA

- Biochemistry of fruit ripening. 1993. Editado por G. Seymour, J. Taylor y G. Tucker. London, GB. Chapman & Hall. 464 p.
- Gallo, F. 1997. Manual de fisiología, patología poscosecha y

control de calidad de frutas y hortalizas. Quindío, Colombia. Ed. SENA Regional Quindío. Convenio SENA-REINO UNIDO. 406 p.

Kays, S. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. New York, USA. Van Nostrand Reinhold. 532 p.

Namesny, A. 1993. Post-recolección de hortalizas: hortaliza de hoja, tallo y flor. Reus, España. Ed. De Horticultura. 331 p.

Namesny, A. 1996. Post-recolección de hortalizas: bulbos, tubérculos y rizomas. Reus, España. Ed. De Horticultura, S.L. 294 p.

Postharvest Handling: A Systems Approach. 1993. Ed. Por Robert Shewfelt y Stanley Prussia. California, USA. Academic Press. Colección Food Science and Technology. 358 p.

Thompson, K. 1998. Tecnología poscosecha de frutas y hortalizas. Armenia, Colombia. Ed. SENA. Convenio SENA-Reino Unido. 262 p.

Yahía, E.M.; Higuera I. (Eds.). 1992. Fisiología y tecnología poscosecha de productos hortícolas. México. Limusa/Noriega. 303 p.

Prevención de daño por frío poscosecha en tomate

Dr. Armando Carrillo López*
Dr. Misael Vega García*

DEFINICIÓN E IMPORTANCIA

El daño por frío (DF) de poscosecha es un término usado para describir el daño fisiológico que se presenta en muchas frutas y hortalizas, generalmente aquellas de origen tropical y subtropical, como resultado de su exposición a temperaturas bajas, que dependiendo del producto, pueden ser menores a 15 °C (grados centígrados) pero mayores a su punto de congelación.

Los síntomas característicos se manifiestan generalmente al exponer al tejido a temperaturas ambientales posteriores a su permanencia en el frío. El daño por frío se puede presentar durante la cosecha, el almacenamiento, o en la etapa de distribución, resultando en pérdidas en la calidad sensorial y aceptabilidad del consumidor, debido a que se desarrollan síntomas desagradables.

Las consecuencias prácticas de todo ello incluyen pérdidas económicas, reducción de la vida de almacenamiento del producto, y un incremento en la dependencia de productos importados.

SINTOMATOLOGÍA

Los síntomas que se desarrollan como consecuencia del DF incluyen maduración anormal o ausencia de maduración, incremento en la pérdida de agua, picado y decoloración superficial, oscurecimiento interno, colapso de los tejidos, desarrollo de sabores desagradables, incremento en la producción de CO₂ (dióxido de carbono) y de etileno, áreas de pulpa dura y pálida, presencia de pudriciones, pérdida de integridad de membrana, desarrollo de zonas acuosas.

El desarrollo y expresión de la mayoría de estos síntomas no se presenta en el tejido hasta que el fruto es expuesto a temperaturas ambientales.

En la actualidad se cuenta con datos de temperaturas críticas para muchos productos hortofrutícolas (Cuadro 1); es decir, la temperatura mínima segura de almacenamiento sin que se presente desarrollo del daño por frío y sus síntomas.

* Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Sinaloa.

El tomate es susceptible al daño por frío cuando se almacena a temperaturas de 0-11 °C (dependiendo de la variedad y estado de madurez).

Los síntomas del daño por frío se pueden clasificar de acuerdo a la severidad del daño:

- Daño ligero: incluye pérdida de firmeza y desarrollo de color irregular.

- Daño moderado: áreas acuosas y desarrollo de color irregular.

- Daño severo: presencia de zonas duras en el fruto, áreas de color verde en fruto rojo, desecación, marchitamiento, pérdida de firmeza, picado superficial, y un incremento en las pudriciones, especialmente *Alternaria*.

Cuadro 1. Síntomas de daño por frío de algunas hortalizas y su temperatura crítica.

Producto	Temperatura Crítica (°C)	Síntomas
Berenjena	7	Escaldado superficial, depresiones superficiales y pudriciones
Calabaza	10-13	Depresiones superficiales, falta de color y pudriciones
Pepino	7	Áreas oscuras y zonas acuosas en pulpa
Papa	6-10	Oscurecimiento de pulpa
Sandía	10	Depresiones superficiales y decoloración de pulpa
Tomate rojo (maduro)	7-10	Zonas acuosas en pulpa, ablandamiento y pudriciones
Tomate verde-maduro	13	Depresiones superficiales, maduración irregular y pudriciones

FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DEL DAÑO POR FRÍO

Los factores que influyen en la susceptibilidad al DF incluyen: tipo de producto, variedad, etapa de madurez, etapa de cosecha, temperatura de desarrollo en precosecha, el tiempo y la temperatura de almacenamiento, la humedad relativa y la composición atmosférica.

Se ha reportado que frutos de tomate en estado verde-maduro son más sensibles al daño por frío que aquellos de madurez más avanzada. Además, se ha demostrado que el almacenamiento de

frutos de tomate con pedúnculo a bajas temperaturas provoca síntomas de daño por frío más severos, lo cual se atribuye a la acumulación interna de CO₂ en el tejido, el cual aparentemente promueve el desarrollo de los síntomas.

MÉTODOS DE REDUCCIÓN DEL DAÑO POR FRÍO

La forma más segura de impedir el daño por frío es evitando el almacenamiento de los productos sensibles por debajo de su temperatura crítica.

Sin embargo, el almacenamiento a bajas temperaturas provee el medio más eficaz para la disminución del metabolismo, control de la maduración y el deterioro, prolongando con ello la vida poscosecha.

Las consecuencias económicas de las pérdidas sustanciales debido al daño por frío han conducido al desarrollo de técnicas efectivas para la disminución de sus síntomas, a través de la manipulación de la temperatura, ya sea mediante el almacenamiento a la temperatura crítica del producto, acondicionamiento de temperaturas previo al almacenamiento a temperaturas de daño por frío, calentamiento intermitente; almacenamiento en atmósferas controladas; tratamientos químicos; y la aplicación de reguladores del crecimiento.

Estas técnicas reducen los síntomas del daño por frío, ya sea incrementando la tolerancia de los productos a bajas temperaturas o retardando el desarrollo de los mismos.

Manipulación de la temperatura

Las temperaturas críticas de almacenamiento de los productos hortofrutícolas son las mínimas seguras, sin que se desarrollen los desórdenes de daño por frío.

La temperatura crítica varía dependiendo de la sensibilidad del tejido que se trate. Para el caso del fruto de tomate se recomienda un enfriamiento rápido del fruto cuando su temperatura se encuentre por arriba de 26.7 °C, y un almacenamiento a 12 °C con humedad relativa de 86-90 %, como condiciones óptimas.

El acondicionamiento a bajas temperaturas, a valores ligeramente superiores de aquellos en los que se presenta el daño por varios periodos, ha demostrado reducir la severidad del daño por frío en numerosos productos, incluyendo papa, tomate, pepino, piña y plátano.

El almacenamiento a temperatura ambiente por cortos periodos previos al almacenamiento a bajas temperaturas, reduce marcadamente el desarrollo de los síntomas de daño por frío.

Combinaciones de temperatura de 6 u 8 °C por tiempos de tres a cinco días resultan óptimas en aguacate, previo al almacenamiento a 0 °C por tres semanas, reduciendo los daños externos en el fruto ocasionados por el frío.

El uso de preacondicionamiento a 8 o 12 °C por cuatro días previo al almacenamiento a 5 °C (temperatura que normalmente daña al tomate), o un preacondicionamiento de 36 a 40 °C por tres días antes del almacenamiento a 2 °C ha mostrado una reducción de los síntomas del daño por frío en tomate.

Por otra parte, la disminución gradual de la temperatura (aclimatación) de 21 a 5 °C en intervalos de 3 °C cada 12 horas en plátano conduce a un menor daño, en comparación con otro tipo de acondicionamiento.

El enfriamiento gradual a temperatura de almacenamiento de 2 °C de tomate, previene el desarrollo de los síntomas de daño por frío.

La interrupción periódica de las bajas temperaturas por periodos de exposición a temperaturas de maduración (calentamiento intermitente) ha dado como resultado una disminución en los síntomas del daño por frío en algunos productos hortofrutícolas.

El uso de calentamiento intermitente en frutos de tomate, cuatro ciclos de seis días a 9 °C y un día a 20 °C, previenen el desarrollo de los síntomas de daño por frío, resultando en menos pérdidas poscosecha que en el almacenamiento continuo a 9 °C.

El uso de un preacondicionamiento a temperaturas ligeramente superiores a la crítica, incrementa significativamente los niveles de las poliaminas espermidina y espermina, retardando el desarrollo de los síntomas de daño por frío en calabaza zucchini durante el almacenamiento a 2.5 °C.

La relación tiempo-temperatura en el desarrollo de los síntomas de daño por frío es crítica, puesto que las especies varían en su capacidad para recuperarse de los daños ocasionados por el estrés a las bajas temperaturas.

Los beneficios del calentamiento intermitente pueden deberse a:

1. Incremento en la maduración la cual se presenta a temperaturas mayores.

2. Reparación de los orgánulos, membranas y/o rutas metabólicas antes de que se presenten cambios irreparables.

3. Metabolismo de compuestos potencialmente tóxicos que pueden acumularse durante las bajas temperaturas.

4. Reparación del metabolismo normal de tal manera que la disponibilidad de metabolitos (factores esenciales) se presenta de manera deficiente durante el almacenamiento a bajas temperaturas.

Atmósferas controladas

El almacenamiento en atmósferas controladas puede tener un efecto benéfico, dañino, o simplemente no tener ningún efecto.

Las atmósferas controladas tienen efectos benéficos en la prevención del daño por frío en aguacates, toronjas, piñas y calabaza zucchini.

En contraste, las atmósferas controladas acentúan los síntomas de daño por frío en pepinos, limas y pimientos dulces.

En algunos frutos, como limones, papayas y tomates, el almacenamiento en atmósferas controladas no muestra efecto alguno en la susceptibilidad al daño por frío.

El uso de altas concentraciones de CO₂ y bajas de O₂ (oxígeno) retardan el inicio de los síntomas de daño por frío en pepinos, pero no lo previenen.

El almacenamiento previo de aguacates variedad Fuerte a bajos niveles de O₂ (3%) + 97% de N₂ (nitrógeno), por 24 horas, redujo significativamente los síntomas de daño por frío después del almacenamiento a 2 °C por tres semanas.

Uso de ceras y películas plásticas

El uso de películas semipermeables aplicadas a frutos y vegetales representa un método simple y barato de incrementar las concentraciones de CO₂, disminuir las de O₂, y mantener altas humedades alrededor del producto.

La reducción del daño por frío mediante el uso de este tipo de películas se ha relacionado con estos efectos, teniendo buenas respuestas en chabacanos japoneses, aguacates y toronjas. Sin embargo en frutos de pimiento, el uso de películas plásticas no redujo los síntomas visibles del daño por frío.

La aplicación de ceras redujo el daño por frío en toronja, lo cual dependió de las formulaciones de las mismas y de la variedad de toronja.

Tratamiento químico

Se han reportado diversos tratamientos químicos (calcio, minerales, aceites vegetales y fungicidas, como tiabendazol y benomil) y antioxidantes (benzoato de sodio, etoxiquina y otros) y su efecto en la disminución de los síntomas del daño por frío.

El calcio, aparentemente fortalece las paredes y membranas celulares, ayudando al tejido contra los efectos adversos del daño por frío.

La etoxiquina y el benzoato de sodio, debido a su carácter antioxidante, tienen la capacidad de atrapar radicales libres, reduciendo con ello la peroxidación de los ácidos grasos insaturados de los lípidos de las membranas y manteniendo la integridad membranal ante el daño por frío.

La di-fenilamina, otro antioxidante, redujo el daño por frío en pimientos verdes.

Tratamientos con metil jasmonato inducen tolerancia al daño por frío en frutos de mango, guayaba y tomate, lo cual se ha atribuido al incremento en los niveles de poliaminas y ácido abscísico (ABA), relacionados con la activación de los mecanismos de defensa de los tejidos. La aplicación de metil jasmonato en guayaba redujo el índice de daño por frío y la lixiviación de iones.

Conclusiones

Tratamientos de aclimatación (disminución gradual de temperatura de 12 a 4 °C) presentan un gran potencial de control de daño por frío, debido a sus efectos benéficos en la reducción de los síntomas ocasionados por el daño por frío, y son capaces de incrementar la vida de anaquel en casi de dos semanas respecto fruto sin tratamiento de aclimatación.

Es importante contar con datos más precisos sobre los niveles de pérdidas poscosecha por un inadecuado manejo de temperatura. Asimismo, desarrollar tratamientos efectivos de control de daño por frío para aprovechar el potencial que tiene el almacenamiento a baja temperatura de prolongar significativamente la vida poscosecha de tomate y de muchos productos hortofrutícolas sensibles al frío.

BIBLIOGRAFÍA

Artes F y Escriche A.J. 1994. Intermittent warming reduces chilling injury and decay of tomato fruit. *J. Food Sci.* 59:1059-1056.

Bergevin M., L'Heureux G.P., Willemot, C. 1993. Tomato fruit chilling tolerance in relation to internal atmospheres after return to ambient temperature. *HortScience* 28:138-140.

Chomchalow S., El-Assi N.M., Sargent S.A., Brecht, J.K. 2002. Fruit maturity and timing of ethylene treatment affect storage performance of green tomatoes at chilling and non-chilling temperatures. *HorTechnol.* 12:104-113.

Ding C.K., Wang C.Y., Gross K.C., Smith D.L. 2002. Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related-protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. *Planta* 214:895-901.

González-Aguilar G.A., Fortiz J., Cruz, R., Baez R., Wang C.Y. 2000. Methyl jasmonate reduces chilling injury and maintains postharvest quality of mango fruit. *J. Agric Food Chem* 48:515-519.

González-Aguilar G.A., Tiznado M.E., Zavaleta R., Martínez M.A. 2004. Methyl jasmonate treatment reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits. *Biochemical and Biophysical research Communications.* 313:704-711.

Hobson G.E. 1987. Low temperature injury and the storage of ripening tomatoes. *J HortSci* 62:55-62.

Jackman R.L., Yada R.Y., Marangoni A., Parkin K.L., Stanley D.W. 1988. Chilling injury, a review of quality aspects. *J. Food Quality.* 11:253-278.

Lurie S., Sabehat A. 1997. Prestorage temperature manipulations to reduce chilling injury in tomatoes. *Postharvest Biol Technol* 11:57-62.

COMITÉ EDITORIAL DE FUNDACIÓN PRODUCE SINALOA A.C.

Coordinador de Seguimiento a Proyectos
Ing. Julio César Zamudio Loaiza

Coordinador del Programa Estatal
de Divulgación y Capacitación
M.C. José Nedel Sánchez Valencia

Coordinador Operativo zona norte
Ing. Fernando Antonio Urías Preciado

Coordinador Operativo zona centro
Dr. Tomás Díaz Valdes

Coordinador Operativo zona sur
MC. César Óscar Martínez Alvarado

Corrector de Estilo
Lic. Óscar Paúl Castro Montes

**FUNDACIÓN
PRODUCE**
Sinaloa A.C.
ENLACE, INNOVACIÓN Y PROGRESO

**CONSEJO CONSULTIVO
ZONA CENTRO**

Carr. Culiacán-Eldorado, km 16.5,
Culiacán, Sinaloa, México.
Tels. (667) 846-11-25
y 846-10-97

OFICINAS CENTRALES

Gral. Juan Carrasco No. 787 Nte.
Culiacán, Sinaloa, México.
Tel./Fax (667) 712-02-16 y 46
Correos electrónicos:
direcciongeneral@fps.org.mx
divulgacion@fps.org.mx
En Internet:
www.fps.org.mx

