

MANEJO POSTCOSECHA DEL AGUACATE

POSTHARVEST HANDLING OF AVOCADO

M.C. Edgar Alejandro Román Mares* - Dr. Elhadi Yahia Kazuz**

RESUMEN

El aguacate es un fruto de importancia comercial a nivel mundial. América ha participado con el 73.82% en 1997, 68.01% en 1998 y 73.95% en 1999 de la producción mundial. México, EUA, Chile y República Dominicana son los principales productores en América, por lo que este fruto significa un aporte económico importante por su venta tanto en el mercado nacional como en el internacional. El fruto es muy perecedero, por lo que requiere de la aplicación de prácticas y tecnologías postcosecha adecuadas como son la refrigeración, la atmósfera controlada, entre otros, con el fin de disminuir la incidencia y severidad de algunos factores relacionados con el deterioro como son la respiración, la sensibilidad a bajas temperaturas y el ataque de patógenos entre otros. Así mismo es importante tomar en cuenta las normas de calidad que se aplican en cada país, el aporte nutricional del fruto y las características del mismo. El presente trabajo revisa la literatura pertinente de los últimos 30 años (1971 y 2000).

Palabras clave: *Persea americana, postcosecha, atmósferas controladas, deterioro, calidad.*

ABSTRACT

Avocado is a commercially important world crop. America has been participated with 73.82% in 1997, 68.01% in 1998 and 73.95% in 1999 of the world production. Mexico, USA, Chile and the Dominican Republic are the major producers in North and Central America. The fruit is a perishable crop that needs of postharvest adequate practices and technologies as refrigeration, controlled atmospheres, adequate packing and packaging to decrease the incidence of some factors related to deterioration such as respiration, low temperature injury and decay. In this review report we have considered literature published in the last 30 years (1971 to 2000).

Key Words: *Persea americana, postharvest, controlled atmospheres, damage, quality.*

*,**Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de las campanas s/n. Centro Universitario. Querétaro, Querétaro, México. Tel/Fax: +52 442 2281416.

Dirigir correspondencia al correo electrónico: * aleromanmares@hotmail.com ** yahia@sunserver.uaq.mx

IMPORTANCIA ECONÓMICA

El cultivo del aguacate se encuentra distribuido principalmente en Norte América. EUA y México participan con el 60% de la producción mundial, América del Sur aporta el 18%,

mientras que África y Asia aportan el 10% y el restante (12%) es producido en Europa y Oceanía. México es por mucho el primer productor en el mundo (Véase tabla 1).

Tabla 1. Producción mundial del aguacate (toneladas) entre 1995 y 1999.

Año	Australia	Chile	España	Israel	México	Sur `frica	Mundo
1995	15,640	50,000	27,955	56,750	790,097	45,428	2'178,033
1996	16,416	55,000	52,085	75,860	837,787	53,801	2'250,634
1997	20,072	68,000	60,000	79,623	762,336	44,586	2'213,848
1998	23,000	60,000	50,000	79,623	813,857	43,000	2'324,788
1999	20,200	75,000	50,000	75,000	906,800	42,000	2'259,013

Fuente: 23.

NORMAS DE CALIDAD

En México existen Normas Fitosanitarias que inspeccionan la producción, movilización, así como su empaque para la comercialización nacional y para la exportación. Éstas se expiden y aplican para controlar los aspectos relacionados con la producción, industrialización, comercialización, movilización y exportación a fin de evitar la diseminación de agentes causales que ocasionen daños a la agricultura, refiriéndose a las plagas cuarentenarias como barrenadores o picudos (*Conotrachelus perseae* y *C. aguacatae*), barrenador o picudo grande del hueso (*Heilipus lauri*), palomilla barrenadora del hueso (*Stenoma catenifer*) y barrenador de las ramas del aguacate (*Copturus aguacatae*). Para el cumplimiento de ésta Norma, es necesario la obtención de un Certificado Fitosanitario Internacional, expedido por la Secretaría de Agricultura³. Para su obtención se deben cumplir ciertos aspectos en cuanto a cosecha y transporte al empaque, instalaciones e infraestructura de la empacadora, maquinaria y equipo presentes en la misma, reglas y procedimientos, así como bitácoras y registros de los procedimientos efectuados sobre el fruto previo a su empaque y transporte. Además de las normas sanitarias, el

destinatario hace sus propias especificaciones de calidad al empacador o productor, en cuanto a tamaño, estado de madurez, número de frutos por empaque y peso neto del empaque.

FACTORES BIOLÓGICOS RELACIONADOS CON EL DETERIORO POSTCOSECHA.

A) Respiración

La maduración en el fruto del aguacate esta asociada con un incremento en la velocidad de respiración, la cual es favorecida por la producción endógena o la aplicación exógena de etileno⁴. La respiración en el aguacate es alimentada por la degradación de azúcares y posiblemente hemicelulosas y sustancia pécticas. Bean⁵ encontró que los ceto-azúcares, fructuosa y manoheptulosa, son los azúcares que se consumen principalmente durante la maduración. El decremento en azúcares totales durante la maduración varía de un 50 a 85% dependiendo de la variedad⁶. Para disminuir la velocidad de la respiración de la fruta, Arpaia et al⁷, concluyen que el tiempo en el que la fruta debe ser enfriada después de su cosecha es de 6 hr o menos;

en caso de no ser posible, se sugiere mantener la temperatura de la pulpa por debajo de 30°C. Biale y Young⁸ reportaron un incremento en la producción de CO₂ de 40 mg/kg/hr a 21°C durante la etapa preclimática hasta 170 mg/kg/hr durante el pico climatérico, de igual forma en frutos de la variedad 'Hass' mantenidos a 20°C, el contenido de O₂ en el interior del fruto se encontró entre 15 a 19%, mientras que el de CO₂ estuvo en el rango de 1 a 3%, al comienzo del climaterio el O₂ disminuyó y el CO₂ se incrementó; durante el pico climatérico el O₂ disminuye a niveles de 5-10% y el CO₂ aumenta hasta el 5 a 10%. Finalmente durante el postclimaterio el O₂ disminuye hasta 2% y el CO₂ se incrementa hasta un 13%. Los cambios en relación entre la velocidad de respiración y la composición intracelular, sugieren que durante el curso del ablandamiento del fruto, ocurren cambios en la resistencia en la difusión de los gases en el tejido.

B) Temperatura baja

El aguacate es un fruto sensible a los daños por frío (DF) cuando es sometido a bajas temperaturas por tiempos prolongados. Los principales síntomas del DF se manifiestan como zonas cafés en la cáscara y una decoloración que va desde el café tenue hasta el café oscuro en el mesocarpio^{9,10,11}, decoloraciones que han sido atribuidas a la acción de la enzima polifenol oxidasa (PPO), por la catálisis de la reacción de oxidación de o-difenoles a quinona con pérdida de hidrógeno. Las quinonas son irreversiblemente oxidadas a pigmentos de melaninas los cuáles son los principales causantes del oscurecimiento¹² y resultando también en una acumulación de compuestos fenólicos oxidados^{11,13,14}. Morales¹⁵ recomienda que la refrigeración no exceda más de 30 a 40 días, ya que los niveles de PPO aumentan a medida que el almacenamiento se prolonga, siendo capaz de desarrollar DF. Vakis¹⁶ reporta que el oscurecimiento interno es un factor limitante para prolongar la vida de anaquel del aguacate 'Hass'

por más de 2 semanas a 6.6 y 8.8°C. Las variedades 'Fuerte', 'Hass' y 'Nabal' se caracterizan por tener una tolerancia a las bajas temperaturas de almacenamiento. A 4°C estas variedades pueden almacenarse por 2 o 4 semanas¹⁷.

C) Patógenos

Las pudriciones del aguacate en postcosecha, se desarrollan normalmente durante las últimas etapas de la maduración con síntomas que primeramente aparecen cuando la fruta comienza a madurarse pero llegan a ser muy severos antes de que la pulpa se encuentre sobre-madura. En un estudio, efectuado por Hopkirk et al¹⁸, se observó que el aguacate 'Hass' madurado a 20°C presentaba menos pudriciones cuando previamente se almacena a temperaturas de 4°C a 6°C, que cuando ha permanecido a temperaturas mayores o menores a las descritas; concluyendo que la mejor calidad en el fruto fue lograda almacenándose a 6°C y madurado a 15°C. Darvas y Kotze¹⁹ reportan que los patógenos encontrados en forma más frecuente durante la postcosecha son *Rhizopus stolonifer*, *Botryodiplodia theobromae* y *Colletotrichum gloeosporioides* (*Glomerella cingulata*) y Coria²⁰ reporta a *Diplodia sp.*, *Alternaria sp.*, *Verticillium sp.*, *Fusarium sp.* y *Sphaceloma persea* como géneros que provocan pudrición en la postcosecha. Kader y Arpaia²¹ señalan además de *Botryodiplodia theobromae* a *Dothiorella gregaria* como los 2 principales causantes de pudriciones en el extremo terminal del pedúnculo. La antracnosis en el aguacate es provocada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*. Éste únicamente se desarrolla sobre el fruto no atacando a ninguna otra parte de la planta. Éste hongo causa oscurecimientos circulares que van desde la forma de un punto hasta 4 cm de diámetro; conforme el fruto va madurando la infección crece rápidamente hacia el interior de la pulpa causando oscurecimiento de gris a negro y disminuyendo la firmeza. El hongo es considerado patógeno oportunista; requiere de algún daño sobre la cáscara para poder penetrar al fruto y causar enferme-

dad. La cosecha en estado de inmadurez es una forma de contribuir a la aparición de antracnosis, debido a que estos frutos inmaduros pueden acarrear al hongo o las esporas a otros frutos a través de daños que puedan producirse durante el manejo, actuando así como focos de infección²².

TRATAMIENTOS POSTCOSECHA

Las zonas productoras del aguacate en el mundo se encuentran lejanas de las zonas de comercio, por lo que es importante retardar la maduración entre la cosecha y el arribo del fruto al punto de consumo^{9,23}. Es necesario desarrollar una adecuada tecnología de almacenamiento para retardar maduración y mantener calidad para mercados locales y de exportación²³. A través de los años se han usado diversas metodologías para retardar la maduración y conservar el fruto o la pulpa. Ejemplos de éstos incluyen refrigeración, atmósfera controlada, aplicación de cera y reducción de presión¹⁴. La combinación de tratamientos térmicos y almacenamiento en frío^{24,25} también ha sido probado. La combinación de alta actividad metabólica y susceptibilidad al DF son factores de cuidado para la elección del método¹².

A) Refrigeración

Durante el periodo entre la cosecha y el consumo, el control de la temperatura es el factor

más importante para mantener la calidad de los frutos y aumentar su vida de anaquel²⁶. La refrigeración se utiliza comúnmente para incrementar el tiempo de almacenamiento (Véase tabla 2), sin embargo, la reducción de la temperatura durante periodos muy largos se encuentra limitada por la susceptibilidad que presenta el fruto a los daños por frío y la maduración anormal²⁷. El almacenamiento del aguacate a bajas temperaturas es importante, ya que incrementa su vida de anaquel y puede controlar la desinfestación²⁸, sin embargo, el almacenamiento a temperaturas menores de 6°C resulta en DF en muchas variedades de éste fruto²⁹. La vida de anaquel del aguacate está relacionada en forma inversa con la velocidad de respiración²³. Zauberman et al³⁰ y Kosiyachinda y Young³¹ demostraron que el fruto incrementa su sensibilidad al DF conforme se acerca a su pico climatérico y es menos sensible en la etapa postclimatérica. Por ser más sensible en el pico climatérico, es necesario asegurar que toda la fruta se encuentre en el postclimatérico para poder ser transferida a temperaturas muy bajas (2°C), ya que se extiende la vida de anaquel al retrasar la senescencia y disminuir el crecimiento de microorganismos y permite comercializar el fruto en estado de maduración.

En base a lo anterior Young y Kosiyachinda³² efectuaron un experimento en el cual tomaron 6 estadios distintos de maduración, evaluando la calidad del fruto una vez almacenado a 2.2°C; se extraían frutos cada 5 días y se colocaban a

Tabla 2. Condiciones de almacenamiento para 6 variedades de aguacate.

Variedad	Almacenamiento (°C)	Humedad relativa (%)	Anaquel (semanas)
'Hass'	3 – 7	85 – 90	2 – 4
'Fuerte'	3 – 7	85 – 90	2 – 4
'Fuchs'	13	85 – 90	2
'Pollock'	13	85 – 90	2
'Lula'	4	90 – 95	4 – 8
'Booth 1'	4	90 – 95	4 – 8

Fuente: 50.

22.7°C para madurar. Los estadios eran: (1) recién cosechado, (2) primera etapa de ablandamiento, (3) etapa avanzada de ablandamiento, (4) punto ideal de consumo, (5) dos días posteriores al consumo óptimo y (6) hasta 3 días después de su fecha de consumo óptima. Se concluye que conforme se acercan más al climatérico (1, 2 y 3) hay más susceptibilidad que cuando se encuentran en él o lo han pasado (4, 5 y 6), que son más resistentes a bajas temperaturas encontrándose ideal el estadio 4.

Algunos estudios para almacenamiento a bajas temperaturas, como el llevado a cabo por Vakis₁₆ reveló que la resistencia al frío es variable según los cultivares, ya que se encontraron diferencias de vida (1, 2, 3, 4 y 5 semanas) y temperatura óptima (2.2, 4.4, 6.6 y 8.8°C) de almacenamiento entre las variedades 'Ettinger', 'Fuerte' y 'Hass', siendo la más tolerante sin sufrir daños la variedad 'Hass' (3 semanas a 2.2 o 4.4°C), el más susceptible fue 'Ettinger' (1 semana a 4.4, 6.6 y 8.8°C) y 'Fuerte' se reporta de susceptibilidad intermedia (3 semanas a 4.4°C); mientras que Woolf et al.₃₄ demostraron que las diversas respuestas entre una misma variedad se debe a la exposición de luz directa del sol y las temperaturas que se alcanzan en el interior del fruto en precosecha, ya que se llegan a tener hasta 35°C en 'Hass' cuando el ambiente no excedía de 25°C. Zauberman y Fuchs³⁵ concluyeron que el almacenamiento a 6°C y en una atmósfera con 100 ppm de etileno se incremento la velocidad de respiración, la actividad de poligalacturonasa y la pérdida de firmeza. Lee y Young₃₆ concluyeron que la aplicación exógena de 100 ppm de etileno incrementa la sensibilidad al DF y que la remoción del etileno de la atmósfera cuando el fruto es almacenado, mantiene la calidad del fruto. La respuesta a diferentes temperaturas de almacenamiento fue clasificada por Zauberman et al.₃₇ en 3 diferentes clases: A) 10-25°C que causa el ablandamiento del fruto, B) 5-8°C, que inhibe el ablandamiento y C) 0-4°C, que es limitado en tiempo, por la susceptibilidad al DF.

La reducción en los desordenes fisiológicos se observo cuando se utilizo una temperatura de 7.5°C en las primeras etapas de almacenamiento y posteriormente una temperatura menor (3.5°C), en comparación con el almacenamiento a 5.5°C durante todo el tiempo₃₈. Zauberman y Jobin-Decor₃₉ encontraron que el aguacate 'Hass', almacenado a 2°C por 4 semanas tenía una coloración en el exocarpio siempre verde, y maduraba en forma normal al ser transferido a 22°C, mientras que el almacenado a 5°C comenzaban a madurar al estar en la cuarta semana de almacenamiento y se observaba una ligera decoloración al transferirse a 22°C; por último, los frutos que se almacenaron a 8°C maduraron a las 2 semanas, resultando también en una decoloración más intensa y oscurecimiento vascular al ser transferidos a 22°C. Los resultados en este estudio indican que el aguacate puede ser almacenado a temperaturas de 2°C por hasta 4-5 semanas sin provocarle daño. Los frutos almacenados por 2 semanas a temperaturas de 0° o 5°C, presentaron un comportamiento climatérico y producción de etileno normal al ser transferido a 20°C y sin desarrollar DF; mientras que la exposición de frutos a 0° o 5°C por 4 y 6 semanas desarrollaron síntomas de DF, maduración anormal, velocidad de respiración atípico y un decremento en la producción de etileno₄₀.

Vorster et al.₄₁ almacenaron frutos de variedad 'Fuerte' pre-enfriados (16°C) a, distintas temperaturas y periodos (16, 7.5, 5.5 y 3.5°C, por 21 y 28 días), y en variedades 'Pinkerton' y 'Hass' aplicaron tratamientos de 21 o 28 días a 5.5°C, o 28 días a 5.5°C seguidos por 7, 14 o 21 días de almacenamiento a 3.5°C. Posterior a los tratamientos se dejaron las frutas a temperatura ambiente hasta alcanzar la maduración normal. En ambos experimentos se encontraron que el DF aumentaba conforme se incrementaba el pre-enfriado; al aumentar los días de almacenamiento en frío (21 a 28) se observó un aumento en el oscurecimiento de la pulpa y los haces vasculares.

B) *Atmósferas controladas (AC)*

Altas concentraciones de CO_2 y/o bajas de O_2 en la atmósfera retardan la maduración (ablandamiento y cambio de color en el exocarpio) y disminuyen los síntomas del DF durante el almacenamiento. Las concentraciones encontradas como adecuadas para el aguacate son de 5-8% de CO_2 y 3-5% de O_2 . Posterior al almacenamiento del aguacate en AC el fruto tiende a seguir su maduración normal⁴². El aguacate no se almacena en AC, sin embargo el transporte en AC es muy utilizado⁴³. Existen investigaciones sobre condiciones, beneficios, efectos y otros factores sobre las variedades de aguacate (Véase tabla 3). El aguacate ha demostrado ser un fruto muy sensible a atmósferas insecticidas ($<0.5\% \text{O}_2$ y/o $>50\% \text{CO}_2$) por un día a 20°C ; por lo cual el uso de AC o modificadas (AM) en éstas condiciones con o sin la combinación de calor, parecen brindar pocos beneficios para ser usados como tratamientos cuarentenarios en aguacate⁴³. Yahia y González⁴⁴ concluyen que el almacenamiento del fruto en empaques con atmósferas modificadas (MAP) con polietileno de alta densidad en atmósferas pasiva o semi-activa, disminuyen la incidencia de la pudrición y el daño por frío en aguacate 'Hass', además de prolongar la vida postcosecha al reducir la pérdida de peso y el ablandamiento de la pulpa. Aguacates de la cv. 'Gwen' se almacenaron a 6°C en condiciones normales y bajo atmósferas de 5% o 10% de CO_2 + 2% o 5% de O_2 por 35 días, seguidos por 5 días a condiciones ambientales, más 5 días a 18°C ; la calidad de la fruta (firmeza, contenido de aceite, deshidratación, desordenes fisiológicos, apariencia y sabor) al final del almacenamiento fue similar entre tratamientos y el control⁴⁵. Arpaia et al⁴⁶ concluyen que un nivel de CO_2 mayor al 5% puede incrementar los niveles de oscurecimiento en la pulpa y la presencia de concentraciones bajas como 1 ppm de etileno en la atmósfera puede anular los efectos benéficos de las atmósferas controladas. Pesis et al^{47,48} almacenaron aguacate en atmósferas de

bajo oxígeno (3% de O_2 y 97% de N_2) por 24 hr a 17°C . En estas condiciones se redujeron los síntomas del DF a temperaturas de 2°C por 3 semanas, se retrasó el ablandamiento, disminuyó la velocidad de respiración y la producción de etileno a 2 y 17°C , también se redujo la pérdida de iones, la producción de etileno y CO_2 , e incrementó la vida postcosecha. Metzidakis et al⁴⁹ reportan 2 desordenes fisiológicos después de que el fruto permaneció 10 días a concentraciones de 2% o 1% de O_2 , el primero de ellos se caracteriza por la aparición de puntos blancos en la parte exterior del exocarpio sin daño en la pulpa, y el segundo aparece como manchas café en el epicarpio, cercanas al pedúnculo y formando cavidades en la pulpa con maduración anormal.

Se ha observado la respuesta del fruto en almacenamiento a presiones reducidas o hipobáricas. Spalding y Reeder⁵⁰ observaron el comportamiento de las variedades 'Waldin', 'Booth 8' y 'Lula' a presiones de 76, 91, 152 y 760 mmHg, a temperaturas de 7.2 y 10°C y humedad relativa entre 98 y 100%, obteniendo los mejores resultados en la variedad 'Waldin' con 25 días en 7.2°C y 91 mmHg.

C) *Aplicación de ceras*

La práctica de aplicación de ceras en aguacate tiene un efecto mínimo en el proceso de maduración, causa un ligero incremento en la concentración de CO_2 (respiración), aunque disminuye con respecto al tiempo. El logro significativo de la aplicación de ceras es el aumento en 1 día de la vida postcosecha después de ser almacenado por 14 días en refrigeración⁵². Johnston y Banks⁵³ reportan 6 diferentes tipos de ceras aplicadas al aguacate 'Hass', concluyendo que la cera comercial (avocado wax) tiene los mejores resultados al aplicarse en una concentración del 11%, obteniendo la menor pérdida de peso, aumento de brillo y disminuye los riesgos de la modificación interna de oxígeno y dióxido de carbono.

D) Tratamientos térmicos

La susceptibilidad del aguacate a las bajas temperaturas promueve que la refrigeración sea un proceso con limitaciones en cuanto a su uso por periodos prolongados. Un tratamiento que permite reducir el daño por bajas temperaturas es exponiendo el fruto a temperaturas elevadas antes de almacenarlo en refrigeración. Los tratamientos térmicos pueden ser aplicados a frutas y vegetales en diversas formas: exposición en agua caliente, vapor saturado, aire seco, radiación infrarroja y radiación de microondas. Todos son sugeridos y usados experimentalmente, pero comercialmente son de mayor uso el vapor saturado y el agua caliente⁵⁴.

El uso de tratamientos térmicos se ha incrementado en los últimos años para el control de plagas y hongos patógenos, alterar el proceso de maduración, ocasionando un retraso en la misma. Su aplicación se ha incrementado por la creciente demanda en la reducción del uso de agroquímicos^{24,25}. Dentro de las respuestas que presentan a un tratamiento térmico encontramos que altera la actividad de la ACC oxidasa y por lo tanto la producción de etileno, pérdida o inhibición de receptores de etileno, la relación de pectina soluble/insoluble disminuye, altera

el patrón de respiración y firmeza, modifica el desverdecimiento y la expresión de volátiles^{24,25} (Véase tabla 3). Diversos factores afectan el almacenamiento y transporte del aguacate como es la antracnosis, *Rhizopus*, *Alternaria*, oscurecimiento, ablandamiento, daño por frío, entre otros⁵⁵. Pre-tratamientos a una temperatura de 38°C reducen niveles de oscurecimiento externo, endurecimiento de cáscara y desordenes internos como oscurecimiento y pudrición asociada e incrementada con un tratamiento hidrotérmico prolongado, utilizados para la desinfestación de *Ctenopseusitis obliquana* (Caminador), *C. herana* y *Epiphyas postvittana*⁵⁶.

La máxima producción de etileno disminuye conforme se incrementa la temperatura, con una disminución significativa entre los 25 y 30°C y producciones trazas a 35°C; mientras que a 40°C no se detecta. La calidad de la fruta fue excelente a 20, 25, y 30°C, deficiente a 35°C y anormal e inaceptable a 40°C⁵⁷. La aplicación de dichos tratamientos también brinda termotolerancia a frutos⁵⁸, como aguacate 'Hass', para ser expuestos a temperaturas mayores a las anteriormente aplicadas⁵⁶ o crear tolerancia a temperaturas bajas. En todas estas respuestas se ven involucradas las proteínas de choque térmico (HSP)^{24,25,34,59,60}. La respuesta

Tabla 3. Algunas condiciones del almacenamiento del aguacate en atmósferas controladas.

Variedad	% O ₂	% CO ₂	°C	Almacenamiento / observaciones
'Hass'	2 – 10	4 – 10	7	7 a 9 semanas
'Lula', 'Booth 8' 'Fuchs'	2	10	7.5	Duplica el tiempo
'Fuerte', 'Edranol' 'Hass'	2	10	—	Reduce desordenes internos
'Fuerte'	2	10	5.5	Menos puntos negros en pulpa
'Fuerte'	3	0.0	17°C	2°C por 3 semanas
'Booth 8' 'Lula'	2	10	4 – 7	8 semanas
'Fuerte' 'Anaheim'	6	10	7	38 días
'Waldin' 'Fuchs'	2	10	7	4 semanas, antracnosis y daño por frío
'Hass'	2	5	—	60 días

Fuente: 68.

del choque térmico es una reacción conservada de las células y organismos a temperaturas elevadas, provocando protección contra daños más severos, restablecimiento de las actividades fisiológicas de la célula y un aumento en los niveles de termotolerancia. La respuesta al choque térmico se encuentra ligada a otros tipos de estrés, ya que produce protección contra deshidratación, daño por frío, por congelamiento, por metales pesados y estrés oxidativo⁶¹. Los tratamientos térmicos están teniendo atención especial como medios de reducción de daños por frío en algunos frutos¹³.

Tratamientos con aire o agua caliente han reducido el daño por frío en mango, naranja y jitomate. McDonald et al⁶² concluyen que los frutos tratados no sufren DF, mientras que los no tratados sufren DF en el 63% del lote. Woolf et al⁶³ concluyen que los tratamientos a base de aire caliente confieren una protección significativa contra los daños provocados por las bajas temperaturas en el aguacate 'Hass'. En un experimento similar a base de hidrotermia (38°C) en frutos de aguacate 'Hass' tratado por hasta 120 min y posteriormente almacenados a 0.5°C por 28 días y madurados a 20°C, se concluyó que el tratamiento óptimo es de 60 min, resultando en una mejor calidad con respecto a los otros tratamientos y disminuyendo el DF⁶⁴. Otro estudio reveló que la temperatura óptima de expresión de HSP por un tratamiento térmico era de 38°C por periodos de al menos 120 min, aunque para lograr los efectos de retardamiento de maduración y reducción de DF son necesarios entre 6 y 12 hr²³, mientras que la expresión de las HSP en forma natural por la incidencia de la luz solar fue demostrada cuando el fruto tiene al menos 4 hr con temperaturas internas mínimas de 37°C³⁴. Paull y Chen⁶⁵ reportaron que el aguacate sometido a 49°C por 70 min disminuye la respiración en el climateiro. Trejo et al¹³ reportan que un tratamiento con agua a 35 y 45°C, reduce la actividad de PPO, además de que los tratamientos por debajo de 50°C no afectan la calidad del fruto y que tratamientos superiores a 50°C causan un

notable oscurecimiento en el exocarpio del fruto, debido a una degradación en clorofilas y antocianinas. Sharon-Raber y Khan⁶⁶ no encontraron relación alguna entre la actividad de la enzima PPO, el contenido de carotenoides y el oscurecimiento en el mesocarpio.

Woolf y Lay-Yee⁶⁷ aplicaron pretratamientos térmicos a frutos de la variedad 'Hass' con agua caliente a 38°C por hasta 120 min y después a 50°C por hasta 10 min, almacenaron los frutos por 1 semana a 6°C y se maduraron a 20°C. Se evaluó el oscurecimiento externo una vez que el fruto se retiró del almacenamiento en frío y la calidad del mismo fue evaluada hasta que llegó a su maduración. El pretratamiento a 38°C reduce los niveles de oscurecimiento externo y endurecimiento y disminuye los desordenes fisiológicos internos como la pudrición en el extremo terminal del pedúnculo y pudrición del tejido, síntomas asociados con los tratamientos térmicos prolongados; siendo el de 60 min el más útil para disminuir el oscurecimiento y el endurecimiento externo.

Frutos de aguacates 'Hass' fueron calentados en aire a 25 a 46°C en periodos de 0.5 y hasta 24 hr y almacenados posteriormente a temperaturas entre 0, 2 y 6°C, después de los tratamientos, se maduraron a 20°C. Los mejores resultados para reducir el daño por frío y extender la vida de anaquel almacenando a 2°C fue lograda por los tratamientos a 38°C por 3, 6 y 10 horas, así como el aplicado a 40°C por 0.5 hr⁶³. Dannkin y Wolstenholme⁶⁸ aplicaron tratamientos con calor seco, vapor y agua sobre variedad 'Fuerte' con la finalidad de encontrar la relación tiempo-temperatura la cual pudiera brindar la mayor resistencia al DF. El tratamiento con aire caliente seco se utilizó manteniendo entre 36 y 38°C por 48 horas, los que causaron oscurecimiento en exocarpio, pero aumentaron el tiempo de maduración hasta después de 28 días de almacenamiento a 6.5, 5.5 y 3.5°C. Los tratamientos con agua caliente causaron oscurecimiento en el exocarpio en forma severa aún y antes del almacenamiento en frío e inhibieron

la maduración después del almacenamiento. El tratamiento a base de vapor por 1.5 o 3 hr a 40°C redujo en forma externa el oscurecimiento del mesocarpio comparado con el control, sin reducir el tiempo de maduración después del almacenamiento. Nishijima et al.⁶⁹ optimizaron el tiempo de tratamiento térmico para la desinfestación de la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata*) en aguacate variedad 'Sharwill' además de reducir los daños por frío al almacenar a 2.2°C. Los mejores tratamientos fueron a 37 o 38°C por un tiempo entre 8 y 12 hr (óptimo 10 hr), enfriando por 4 hr a 23°C antes de ser almacenados a 2.2°C. Yahia⁴³ concluye que frutos expuestos a 50°C por 4 hr fueron severamente dañados por el tratamiento térmico y durante su almacenamiento presentaron olor fermentativo, necrosis interna e incapacidad para madurar, mientras que los expuestos a 42°C por 4 hr presentaron mejor maduración y daño de menor severidad y aún los tratados a 38°C por 8 hr presentaban un daño muy ligero. Shellie y Mangan⁷⁰ concluyen que la aplicación de tratamientos térmicos en forma correcta (tiempo y temperatura) extienden la vida de almacenamiento y por lo tanto incrementan los rendimientos económicos; sin embargo, si son aplicados en forma severa pueden deteriorar la calidad, incrementar su descomposición y acortar la vida de almacenamiento.

ramente dañados por el tratamiento térmico y durante su almacenamiento presentaron olor fermentativo, necrosis interna e incapacidad para madurar, mientras que los expuestos a 42°C por 4 hr presentaron mejor maduración y daño de menor severidad y aún los tratados a 38°C por 8 hr presentaban un daño muy ligero. Shellie y Mangan⁷⁰ concluyen que la aplicación de tratamientos térmicos en forma correcta (tiempo y temperatura) extienden la vida de almacenamiento y por lo tanto incrementan los rendimientos económicos; sin embargo, si son aplicados en forma severa pueden deteriorar la calidad, incrementar su descomposición y acortar la vida de almacenamiento.

CONCLUSIÓN

Existen diversas tecnologías postcosecha y cada una de ellas tiene beneficios en su aplicación al aguacate, aunque también tienen algunos perjuicios. La forma de obtener el mejor beneficio de cada una de ellas es adecuándola a las características requeridas del fruto. Por ejemplo es necesario saber cuanto tiempo de almacenamiento es requerido, si el fruto se va a enviar a un mercado nacional o de exportación o si es requerido algún tratamiento cuarentenario y, demás puntos importantes que nos permitan decidir si se aplica únicamente la refrigeración o si el fruto va a ser transportado en AC o tal vez requiera de la simple aplicación de cera externa o además necesite un tratamiento térmico o si es necesario la aplicación de dos o mas tratamientos postcosecha. Es importante destacar que la máxima calidad del fruto se obtiene en el campo con todos los cuidados precosecha que el agri-

cultor tenga en los árboles antes, durante y después del desarrollo del fruto; ya que las diversas actividades postcosecha nos van a permitir disminuir la velocidad de deterioro de dichos frutos pero no van a mejorar la calidad obtenida en campo. Queda demostrado entonces que los cuidados postcosecha nos ayudan a tener una mejor calidad, mayor vida de anaquel y menores pérdidas económicas por lo que es importante para el agricultor y el comerciante poner especial atención en toda actividad postcosecha que pueda deteriorar el fruto, con la finalidad de disminuir su efecto en el mayor grado posible para mantener una fruta de mejor calidad. En la actualidad se siguen investigando las diversas reacciones bioquímicas y fisiológicas del aguacate para poder así entender su metabolismo y aplicar el tratamiento o combinación de estos que prolongue la vida del fruto y mantenga mejor su calidad.

REFERENCIAS

1. Salas R.F.M. 1996. Comercio internacional del aguacate. University of British Columbia. Department of Agricultural Economics. International Commodity Trade. AGECE 521. <http://csgb.ubc.ca/paco/tesis.htm>. Universidad de British Columbia - Canada. Agosto 1999
2. FAO. 2000. Statistical Database. <http://www.fao.org>. agosto 2000
3. Norma Oficial Mexicana NOM-066-Fito-1995. Banco de normas en alimentos. 1998. UNAM.
4. Bennett A. B., Smith G. M. and Nichols B. G. 1987. Regulation of climateric respiration in ripening avocado fruit. *Plant Physiol.* 83:973-976.
5. Bean 1958. Changes in sugars during growth and storage of avocados. *California Avocado Society Yearbook* 42:90-93.
6. Lewis C. E. 1978. The maturity of avocados. *J. Sci. Food Agric.* 29(10):857-866.
7. Arpaia M. L., Ontai S. L. and Reints J. S. Jr. 1992 Protecting the postharvest quality of avocado. *California Avocado Society Yearbook* 76:93-97.
8. Biale J. B. and Young R. E. 1971. The avocado pear. In: *The biochemistry of fruits and their products Vol. 2.* (Ed.) Hulme A. C. Academic Press. Pp. 1-63.
9. Luza J. G., Berger H. and Lizana L. A. 1979. Almacenaje en frío de paltas (*Persea americana* Mill) Cvs. 'Negra la Cruz', 'Ampolleta grande' y 'Fuerte'. *Simiente* 49(3-4):42-47.
10. Lee S. K. and Young R. E. 1984. Temperature sensitivity of avocado fruit in relation to C₂H₄ treatment. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109(5):689-692.
11. Van Lelyveld L. J. 1984. Summary of a report on an investigation into physiological disorders of avocados. *Calf. Avocado Society Yearbook.* 68:183-185.
12. Bower J. P. and Cutting J. G. M. 1988. Avocado fruit development and ripening physiology. *Horticultural Reviews* 10:229-271
13. Chaplin G. R., Wills R. B. and Graham P. 1982. Objective measurements of chilling injury in the mesocarp of stored avocados. *HortScience* 17(2):238-239.
14. Trejo G. A., Munguia M. R. and Cantwell M. 1992. Inactivation in situ of polyphenol oxidase in ripe avocado fruit. *Proc. Second World Avocado Congress.* Pp. 409-416.
15. Morales G. L. 1999. Cuidados del Aguacate en precosecha. *Boletín de la Asociación agrícola de productores de aguacate de Uruapan.* APROAM 2(11).
16. Vakis N.J. 1982. Storage behaviour of 'Ettinger', 'Fuerte' and 'Hass' avocados grown in Mexican rootstock in Cyprus. *J. Hort. Sci.* 57(2):221-226.
17. Kadam S. S. and Salunkhe D. K. 1995. Avocado. Chapter 14. In: *Handbook of fruit science and technology, production, composition, storage and processing.* En: Kadam S. S. and Salunkhe D.K. (Eds). Marcel Dekker Inc. Pp. 363-375.
18. Hopkirk G., White A., Beever D. J., and Forbes S. K. 1994. Influence of postharvest temperatures and the rate of fruit ripening on internal postharvest rots and Disorders of New Zealand 'Hass' avocado fruit. *New Zealand J. Crop Hort. Sci.* 22:305-311.
19. Darvas J. M. and Kotze J. M. 1981. Postharvest diseases of avocados. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 4:63-66.
20. Coria A. V. M. 1994. Sanidad del Cultivo. En: *Guía para el cultivo del aguacate.* Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Pp. 31-50.
21. Kader A. A. and Arpaia M. L. 1999. Universidad de California en Davis. <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruits/Avocado.html>
22. IMP Resources on avocado. *Boletín electrónico.* <http://www.fintrac.com>. agosto 2000
23. Florissen P., Ekman J. S., Blumenthal C., Mc Glasson W. B., Conroy J., Holford P. 1996. The effects of short heat-treatments on the induction of chilling injury in avocado fruit (*Persea americana* Mill). *Postharvest Biol. & Technol.* 8(2):129-141.
24. Lurie S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biol. & Technol.* 14(3):257-269.
25. Lurie S. 1998a. Postharvest heat treatments of horticultural crops. *Horticultural Reviews* 22:91-121.
26. Kitinoja L. and Kader A. A. 1996. Control de temperatura y humedad. En: *Manual de practicas de manejo postcosecha en los productos hortofrutícolas a pequeña escala.* <http://www.fao.org/WAIRdocs/X54035/X5403900.htm>
27. Apelbaum A., Zauberman G. and Fuchs Y. 1977 Prolonging storage life of avocado fruits by subatmospheric pressure. *HortScience* 12(2):115-117.
28. Sanxter S. S., Nishijima K. A. and Chan H. T. Jr. 1994. Heat treating 'Sharwil' avocado for cold tolerance in quarantine cold treatments. *HortScience* 29(10):1166-1168.
29. Woolf A. B. 1997. Reduction of chilling injury in stored 'Hass' avocado fruit by 38°C water treatments. *HortScience* 32(7):1247-1251.
30. Zauberman G., Schiffman-Nadel M. and Yanko U. 1973. Susceptibility to chilling injury or three avocado cultivars at various stages of ripening. *HortScience* 8(6):511-512.

31. Kosiyachinda S. and Young R. E. 1976. Chilling sensitivity of avocado fruit at different stages of the respiratory climateric. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101(6):665-667.
32. Young R. E. and Kosiyachinda S. 1976. Low temperature storage of ripe avocado fruit. *California Avocado Society Yearbook.* 59:73-76.
33. Cantwell M. 1999. http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/Storage/prop_a.html. Agosto 1999
34. Woolf A. B., Bowen J. H. and Ferguson I. B. 1999. Preharvest exposure to the sun influences postharvest responses of 'Hass' avocado fruit. *Postharvest Biol. & Technol.* 15(2):143-153.
35. Zauberman G. y Fuchs Y. 1973. Ripening processes in avocado stored in ethylene atmosphere in cold storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98(5):477-480.
36. Lee S. K. and Young R. E. 1984. Temperature sensitivity of avocado fruit in relation to C₂H₄ treatment. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109(5):689-692.
37. Zauberman G., Schiffman-Nadel M. and Yanko U. 1977. The response of avocado fruit to different storage temperatures. *HortScience* 12(4):353-354.
38. Vorster L. L., Toerienn J. C. and Bezuidenhout J. J. 1987. A storage temperature regime for South African export avocados. *South African Avocado Growers' Association Yearbook.* 10:146-149.
39. Zauberman G. and Jobin-Decor D. M. P. 1995. Avocado (*Persea americana* Mill) quality changes in response to low-temperature storage. *Postharvest Biol. & Technol.* 5(3):235-243.
40. Eaks I. L. 1983. Effects of chilling on respiration and ethylene production of 'Hass' avocado fruit at 20°C. *HortScience* 18(2):235-237.
41. Vorster L. L., Toerienn J. C. and Bezuidenhout J. J. 1988. The influence of the time temperature interaction on the shelf life and internal quality of avocados. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 11:61-64.
42. Meir S., Akerman M., Fuchs Y., and Zauberman G. 1995. Further studies on the controlled atmosphere storage of avocados. *Postharvest Biol. & Technol.* 5(4):323-330.
43. Yahia K. E. 1998. Avocado and guava fruits are sensitive to insecticide MA and/or heat. *Proc. 7th International Controlled Atmosphere Research Conference* Pp132-136.
44. Yahia K. E. M. and Gonzalez A. G. 1998. Use of passive and semi-active atmospheres to prolong the postharvest life of avocado fruit. *Lebesm.-Wiss. U. -Technol.* 31:602-606.
45. Lizana L. A., Fichet T., Videla G., Berger H., Galletti L. and Campbell R. J. 1993. Controlled atmosphere storage of avocados cv. 'Gwen'. XXXIX Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture. *Proc. Interamerican Soc. Trop. Hort.* 37:79-84.
46. Arpaia M. L., Faubian D., Mitchell F. G. and Mayer G. 1990. The use of controlled atmosphere for long-term storage of 'Hass' avocados. *Progress report. California Avocado Society Yearbook* 74:43-48.
47. Pesis E., Marinansky R., Zauberman G. and Fuchs Y. 1993. Reduction of chilling injury symptoms of stored fruit by prestorage treatment with high nitrogen atmosphere. *Acta Horticulturæ* 343:251-255.
48. Pesis E., Marinansky R., Zauberman G. and Fuchs Y. 1994. Prestorage low-oxygen atmosphere treatment reduces chilling injury symptoms in 'Fuerte' avocado fruit. *HortScience* 29(9):1042-1046.
49. Metzidakis Y. T., Sfakiotakis E. M., Geraspoulos D., Olympios Ch. and Passam H. 1995. Physiological disorders induced by low oxygen on avocado fruits. *International symposium on quality of fruit and vegetables: influence of pre- and postharvest factors and technology.* *Acta Horticulturæ* 379:397-403.
50. Spalding D. H. and Reeder W. F. 1976. Low pressure (hipobaric) storage of avocados. *HortScience* 11(5):491-492.
51. Yahia K. E. M. 1998. Modified and controlled atmospheres for tropical fruits. *Horticultural Reviews.* 22:123-183.
52. Durand B. J., Orea L., Yanko U., Zauberman G. and Fuchs Y. 1984. Effects of waxing on moisture loss and ripening of 'Fuerte' avocado fruit. *HortScience* 19(3):421-422.
53. Johnston J. W. and Banks N. H. 1998. Selection of a surface coating and optimization of its concentration for use on 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill) fruit. *New Zealand J. Crop Hort. Sci.*
54. Couey H. M. 1989. Heat treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruits. *HortScience* 24(2):198-202.
55. Cappellinni R. A., Ceponis M. J. and Lightner G. W. 1988. Disorders in avocado, mango and pineapple shipments to the New York market 1972-1985. *Plant Disease* 72(3):270-273.
56. Woolf A. B. and Lee L. 1997. Pretreatment at 38°C for 'Hass' avocado confers thermotolerance to 50°C hot water treatments. *HortScience* 32(4):147-151.
57. Eaks I. L. 1978. Ripening, respiration and ethylene production of 'Hass' avocado fruit at 20°C and 40°C. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130(5):576-578.
58. Vierling E. 1991. The roles of heat shock proteins in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 42:579-620.
59. Paull R. E. 1990. Postharvest heat treatments and fruit ripening. *Postharvest News and Information* 1(5):355-363.
60. Lurie S. And Sabehat A. 1997. Prestorage temperature manipulations to reduce chilling injury in tomatoes. *Postharvest Biol. & Technol.* 11(1):57-62.

61. Schöffl F., Prändl R. and Reindl A. 1998. Regulation of the heat-shock response. *Plant Physiol.* 117:1135-1141.
62. McDonald R. E., McCollum T. G. and Baldwin E. A. 1998. Heat treatments of mature-green tomatoes: differential effects of ethylene and partial ripening. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123(3):457-462.
63. Woolf A. B., Watkins C. B., Bowen J. H., Lay-Yee M., Maindonald J. H. and Ferguson I. B. 1995. Reducing external chilling injury in stored 'Hass' avocados with dry heat treatments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(6):1050-1056.
64. Woolf A. B. 1997. Reduction of chilling injury in stored 'Hass' avocado fruit by 38°C water treatments. *HortScience* 32(7):1247-1251.
65. Paull R. E. and Chen N. J. 1990. Heat shock response in field grown ripening papaya fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:1112-1115.
66. Sharon-Raber O. y Kahn V. 1983. Avocado mesocarp; browning potential, carotenoid content, polyphenol oxidase, catalase and peroxidase activities: Comparison between six avocado cultivars. *J. Food Sci.* 48(6):1874-1875.
67. Woolf A. B. and Lay-Yee M. 1997. Pretreatments at 38°C of 'Hass' avocado confer thermotolerance to 50°C hot water treatments. *HortScience* 32(4):705-708.
68. Dannkin D. J. and Wolstennholme B. N. 1995. Postharvest heat treatments with a view to reducing chilling injury in 'Fuerte' avocado fruit. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 18:80-84.
69. Nishijima K. A., Chan H. T. Jr., Sanxter S. S. and Linse E. S. 1995. Reduced heat shock period of 'Sharwil' avocado for cold tolerance in quarantine cold treatment. *HortScience* 30(5):1052-1053.
70. Shellie K. C. and Mangan R. 1994. Postharvest quality of "Valencia" orange after exposure to hot moist, forced air for fruit fly disinfestation. *HortScience* 29(12):1524-1529.

Fecha de Recibo: Abril de 30 de 2002

Fecha de Aceptación: Septiembre 17 de 2002

