Efecto del tratamiento hidrotérmico sobre la ultraestructura de la cutícula del fruto de mango

Effect of hydrothermal treatment on the ultrastructure of cuticle of mango fruit

Deysi PETIT JIMÉNEZ ✉ [1], Elsa BRINGAS TADDEI[2], Alberto GONZÁLEZ LEÓN[2], Jesús Manuel GARCÍA ROBLES[2] y Reginaldo BÁEZ SAÑUDO[2]

[1]Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Barquisimeto, estado Lara, Venezuela y [2]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD) Hermosillo, Sonora, México.
E-mails: deysipetit@ucla.edu.ve y rbaez@cascabel.ciad.mx ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 16/06/2008 Fin de primer arbitraje: 02/03/2009
Primera revisión recibida: 31/03/2009 Aceptado: 24/04/2009

RESUMEN

La cutícula es importante en la fisiología de los vegetales porque actúa como primera interacción entre la planta y el ambiente. Su integridad es afectada por factores genéticos, ambientales, fisiológicos y de manejo, tanto en campo como en poscosecha, afectando su función como barrera protectora. En este trabajo se determinó el efecto del tratamiento hidrotérmico sobre la ultraestructura de la cera epicuticular en los frutos de mangos (*Mangifera indica* L.), del cultivar 'Kent'. Los frutos fueron muestrados de un huerto ubicado en Navojoa, Sonora, México. Se utilizaron frutos de mango del cultivar 'Kent', en el estado de madurez fisiológica y el tratamiento con calor fue aplicado por inmersión a una temperatura de 46,1 °C por 75 min. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones y el muestreo realizado fue aleatorio. Se determinó la ultraestructura de la cera epicuticular. Se registraron diferencias en el arreglo estructural de las ceras en la superficie cuticular entre los frutos con tratamiento hidrotérmico (CTH) y el control (STH). En los frutos CTH se evidenció la formación tipo pergamino en la cutícula debido al efecto del calor, la orientación de placas en paralelo y en las ceras epicuticulares la presencia de estructuras de cristales en transición mostrando una distribución irregular, mientras que, en los frutos STH no se observó el efecto pergamino en la cutícula, se constató la orientación en placas enteras y la formación de ceras epicuticulares del tipo amorfo.

Palabras clave: *Mangifera indica* L., cera epicuticular, tratamiento hidrotérmico, ultraestructura

ABSTRACT

The cuticle is important in the physiology of the vegetables because it acts as the first interaction between the plant and the environment. Structure and chemical composition cuticle varies across of plant developmental stages affecting it´s funtion as protector barrier. This study measured the effect of hydrothermal treatment on the ultrastructure of epicuticular wax in the fruits of mangoes (*Mangifera indica* L.), the cultivar 'Kent'. The fruits were samples from an orchard located in Navojoa, Sonora, Mexico. The fruits of mango 'Kent' in the state of physiological maturity was used and heat treatment was applied by immersion at a temperature of 46.1 ° C for 75 min. Completely randomized design with five repetitions and random sampling was done. In each sample were determined ultrastructure of epicuticular wax. Results showed differences in the in the settlement of the epicuticular wax the fruits of mango among hidrotermic treatment and without hidrotermic treatment. Fruit treated with hidrotermic treatment, evidenced training parchment type in the cuticle, the orientation of parallel plates and the presence of crystal structures in transition showing an irregular distribution, while the fruits without applying heat was observed an area dense with no structures formation of crystalloids type.

Key words: *Mangifera indica* L., epicuticular wax, hidrotermic treatment, ultrastructure.

INTRODUCCIÓN

El fruto del manguero (*Mangifera indica* L.) presenta gran demanda a nivel mundial debido a su delicioso sabor, atractivo color, y valor nutritivo (Mitra y Baldwin, 1997); sin embargo, tienen una maduración rápida, de 6 a 7 días en condiciones tropicales (Vazquez-Salinas y Lakshminarayana, 1985); y son susceptibles a daños mecánicos, al ataque de plagas y a las enfermedades poscosecha (Johnson y Coates, 1993; Ploetz, 2004). Entre los tratamientos cuarentenarios, la aplicación del tratamiento hidrotérmico se ha mostrado eficaz para el control contra plagas y patógenos (Armstrong *et al,*. 2007, Fallik, 2004, Lurie *et al*., 1997, Rondon *et al*., 2006).

Los efectos beneficiosos del tratamiento poscosecha con altas temperaturas pueden atribuirse al desarrollo de medios por parte de los tejidos para controlar los desordenes poscosecha. Zambrano y Materano (1999), reportaron que el tratamiento con calor a temperaturas entre 38 y 46 °C aumenta la tolerancia al daño por el frío y redujo la podredumbre de los frutos de mango. Lurie y Klein (1991), señalaron que la exposición de los tejidos de las plantas a un estrés puede proteger la planta de otro estrés.

Los tratamientos de acondicionamiento previo a altas temperaturas, son tratamientos físicos no contaminantes. Cuando son aplicados en forma inapropiada, pueden tener efectos adversos en la calidad de los frutos de mango que se manifiestan como alteraciones en la actividad enzimática, aumento en la velocidad de la respiración, hundimiento de la pulpa en la zona peduncular y otros efectos no deseables en parámetros físicos, químicos y sensoriales (Báez *et al.,* 2001).

El tratamiento hidrotérmico incluye condiciones específicas de calentamiento y enfriamiento de la fruta, indicados en protocolos de operación acordados entre los países. El departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA) tiene como condición para los exportadores de mango que deseen enviar su producto a ese país utilizar un tratamiento hidrotérmico a 46,1 °C por 90 minutos para el combate de antracnosis y mosca de la fruta. La duración del tratamiento depende del cultivar y peso del fruto, ya que estudios sobre transferencia de calor indican que todos los frutos cuyos rangos oscilan entre 480 y 700 g alcanzan la temperatura letal interna de 42,2 °C en menos de 80 minutos de tratamiento a 46,1 °C (Avena-Bustillos, 1997). De acuerdo a los resultados reportados por Báez *et al*. (2001) en frutos de mangos, por Seok-In *et al*. (2007) en mandarina satsuma (*Citrus unshiu* Marc., cv. Gungchun), por Saucedo- Veloz (2000) en aguacate (*Persea americana* Mill.), por Lunardi *et al*. (2002) en manzana (Malus domestica Borkh.) y por Báez *et al.* (2002) en frutos de melón (*Cucumis melo* L.), la aplicación del tratamiento hidrotérmico no tiene efectos perjudiciales en la calidad sensorial de los frutos, sin embargo, el uso de agua caliente tiene la desventaja de reducir su potencial de almacenamiento.

En frutos de mango el tratamiento hidrotérmico ha demostrado ser efectivo. Rondón *et al*. (2006); Saucedo y Mena, (1995); Flores, (1994); Avilán y Rengifo, (1990), reportaron que el uso de tratamientos con calor controlan la antracnosis causada por el hongo *C. gloeosporioide*.

La cutícula es un elemento estructural esencial y de gran importancia funcional y ecológica por ser la primera interacción entre las plantas y el ambiente (Kunst y Samuels, 2003). Su integridad es afectada por factores genéticos, ambientales, fisiológicos y de manejo, tanto en campo como en poscosecha (Jenks *et al*., 2002). Desde el punto de vista estructural la cutícula está compuesta por una matriz de cutina, en la cual se entrecruzan la cera intracuticular y es cubierta por la cera epicuticular (Heredia, 2003; Jeffree, 1996; Post-Beittenmiller, 1996). Su estructura, composición química y grosor cambian a través del desarrollo del fruto (Wiedermann y Neinhuis, 1998) y varían ampliamente entre especies (Jeffree, 1996).

El papel fisiológico de la cutícula incluye la regulación en la transpiración y mantenimiento del balance de agua (Veraverbeke *et al*., 2003; Wagner *et al*., 2003), regulación del intercambio de gases (Kolattukudy, 1996), protección contra patógenos y daños mecánicos (Commenil *et al*., 1997) y protección contra la radiación ultravioleta y agentes contaminantes (Barnes *et al*., 1996; Holroyd *et al.,* 2002). Además, se asocia con algunos desórdenes en el exocarpo de los frutos (Aloni *et al*., 1998), como los ocasionados en daños por frío (Pesis *et al.,* 2000).

La resistencia que ofrece la cutícula a los daños mecánicos, a la difusión de gases, a los cambios en permeabilidad al agua y a la penetración de microorganismos, no dependen específicamente de su grosor, sino más bien de los cambios de la estructura cuticular (Knoche *et al*., 2004; Rogiers *et al*., 2004), de la variación de sus componentes (principalmente lípidos solubles cuticulares) y las proporciones en que éstos se encuentran (Hauke y Schreiber, 1998; Riederer y Schreiber, 2001; Verardo *et al*., 2003; Matas *et al.,* 2004;Vogg *et al*., 2004; Schreiber, 2005).

Las prácticas culturales y la aplicación de tratamientos hormonales, temperatura y humedad relativa empleada durante el almacenamiento o transporte de los frutos, tipo de lavado y limpieza, uso alternativo como atmósferas controladas y modificadas afectan la cutícula. (Kolattukudy, 1996). En este sentido, es de interés el conocimiento del

efecto del tratamiento hidrotérmico sobre los cambios estructurales en las ceras epicuticulares de la cutícula en el fruto del mango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron frutos de mango del cultivar 'Kent', en el estado de madurez fisiológica, fueron recolectados en un huerto experimental establecido en el Valle del Mayo, Sonora, México. La zona se encuentra localizada geográficamente en las coordenadas 27° 00' LN y 109° 30' LO, a una altitud de 39 msnm. La precipitación en la región fluctúa entre 200 y 400 mm anuales, y 70 % se concentra en los meses de julio a septiembre y el resto en los meses de diciembre y enero. La temperatura presenta valores de 23 a 27 °C en promedio anual; la evapotranspiración potencial alcanza valores de 2.600 mm anuales y una humedad relativa de 58 % en promedio.

La textura del suelo en el sitio experimental es migajón-limoso de 0 a 48 cm y de 85-123 cm, y franco de 48-85 cm y de 123-200 cm. El huerto está formado por 10 variedades de mango de 6 años, plantadas a una distancia de 5 m entre plantas y 4.5 m entre hileras, con un total de 300 árboles injertados; cuenta con un sistema de riego presurizado, con un microaspersor en cada árbol; la frecuencia del riego se proporcionó con base en humedad aprovechable (entre el 40 y 50 %) presente en el suelo, la cual fue medida con tensiómetros establecidos a 45 y 60 cm de profundidad. La fertilización se llevó a cabo durante el riego, con la dosis de 28-9-23-1.26 g de NPKCa/árbol por mes (Ramírez *et al*., 2004).

Los frutos muestreados se empacaron en bolsas de papel y fueron trasladados en transporte refrigerado al laboratorio de La Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD) en Hermosillo, Sonora. En el laboratorio, se eligieron los mangos visualmente libres de daños, se homogenizó la muestra por el tamaño de los mismos y se dividieron en dos lotes de 25 frutos. Un lote fue aplicado el tratamiento hidrotérmico (CTH) por inmersión sumergiendo los frutos en baño de agua con agitación a una temperatura de 46,1 °C por 75 min. El otro lote no recibió el tratamiento hidrotérmico (STH). Posteriormente los frutos se dejaron secar a temperatura ambiente por 12 h y se determinó la ultraestructura de la cutícula.

Ultraestructura de la cutícula

Se evaluó según el método descrito por Suita de Castro *et al*. (2002). Se utilizaron 50 frutos de mango, de cada uno se seleccionó la parte superior del mismo y se seccionaron con un bisturí 3 segmentos de 1 cm^2 del tejido fresco del exocarpo, se colocaron sobre papel filtro en un desecador por 72 h. Después de la deshidratación, se montaron en una lámina de cobre y se fijaron con adhesivo doble faz para metalizarlas con oro por 60 seg utilizando el equipo JEOL modelo JFC-1200 Fine.

Las muestras se analizaron en el laboratorio de microscopia electrónica de barrido del Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (CICY), se utilizó un microscopio electrónico de barrido JEOL modelo JSM 6360 LV a 20 (kV) de voltaje de aceleración. La unidad experimental fue de 5 frutos con cinco repeticiones, usando cuatro campos de aumento 50, 150, 1000 y 4000x en cada evaluación. El total de las observaciones fue de 20 por unidad experimental.

Se evaluó la morfología de la superficie cuticular, la forma y arreglo de los cristales de las ceras, con base en la clasificación de Barthlott *et al*., (1998). Se determinó el tipo de borde de las placas cuticulares, mediante el criterio de Hallam y Chambers (1970). Para analizar las imágenes capturadas en formato digital de alta resolución se utilizó el programa Image Processing and Análisis in Java (2005), que determinó el porcentaje (%) de zona cristalina y amorfa de la superficie cuticular, según el método de clasificación Thresholding (Molina, 1998).

Análisis estadístico

Se empleó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. Los datos obtenidos de la cobertura de la cera se analizaron mediante el método de χi-cuadrada con el programa estadístico Number Cruncher Statistical Systems versión 6.0 (NCSS, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la ultraestructura de la cutícula de los frutos de mango aquí tratados, se observó la formación de una capa contínua de cutícula que cubre

toda la superficie del fruto (Figura 1A y 1B). Según la clasificación de Barthlott *et al*., (1998), el tipo de formación de la cutícula corresponde al de plaquetas. En contraste, para frutos de mango 'Kensington Pride' en la misma etapa de madurez, se reportó la formación de estructuras pentagonales (Gazzola *et al*. 2004), Estas diferencias podrían estar relacionadas con las diferencias en las características ambientales (Holroyd *et al.,* 2002). Se registraron diferencias en el arreglo estructural de las ceras en la superficie cuticular entre los frutos con tratamiento hidrotérmico (CTH) y el control (STH). En los frutos CTH se evidencia la formación tipo pergamino en la cutícula debido al efecto del calor en la cutícula (Figura 1A), la orientación de placas en paralelo (Figura 1B) y en las ceras epicuticulares la presencia de estructuras de cristales en transición de un 86,7% en la superficie cuticular mostrando una distribución irregular (Figura 1C), mientras que, en los frutos STH no se observó el efecto pergamino (Figura 1B) y se evidenció la orientación en placas enteras (Figura 1D) y una formación de ceras epicuticulares del tipo

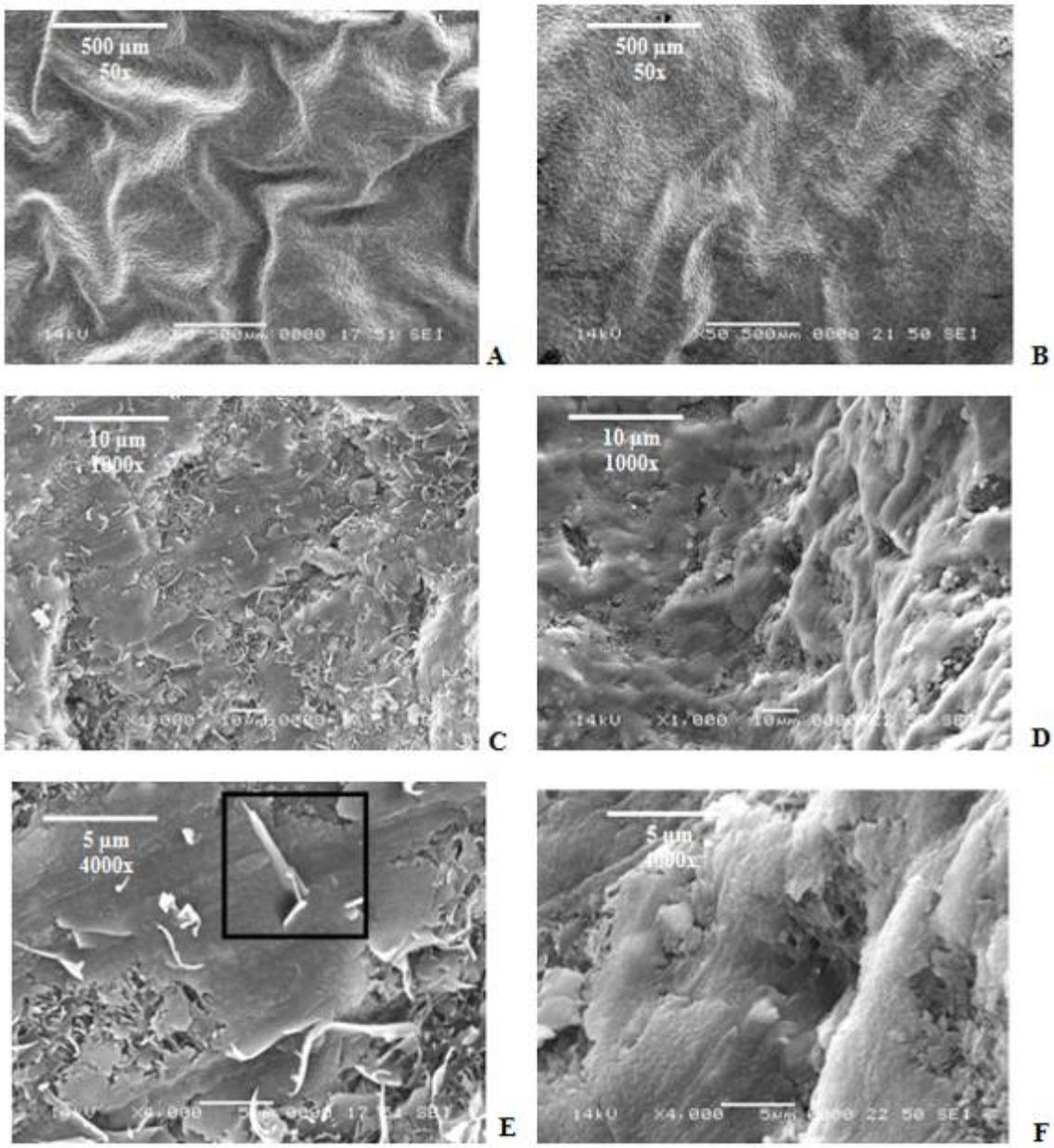

Figura 1. (Fotomicrografías) de barrido de la cutícula del fruto de mango Kent en la etapa de cosecha. A, C, y E con tratamiento hidrotérmico. A: Formación tipo pergamino, (50x); C: Formación cristalina con orientación de las placas en paralelo, (1000x); E: Estructura de cristales (4000x). B, D y F sin tratamiento hidrotérmico. B: Sin efecto pergamino (50x); D: Estructura de las ceras tipo amorfo (1000x); F: Formación amorfa de las ceras sobre la placa (4000x).

amorfo en un 74% (Figura 1F).

Riederer y Markstädter, (1996) afirman que los cambios observados en las ceras cuticulares se asocian con la dinámica de síntesis y con alteraciones en la estructura química de sus componentes. De acuerdo con Casado y Heredia (1999), la presencia de puentes de hidrógeno entre cadenas o moléculas con diferentes estructuras y grupos funcionales resultan en la formación de espacios amorfos.

De acuerdo con Rashott y Feldmann (1998), cuando una clase de lípidos presenta un homólogo predominante en las ceras epicuticulares, se forman cristales característicos sobre la superficie de las células epidérmicas. En este estudio se evidenció la formación de estructuras tipo plaquetas, y por el tipo de cristaloide posiblemente los compuestos predominantes son alcoholes secundarios.

Báez *et al*. (2001) estudiaron el comportamiento postcosecha del mango 'Tommy Atkins' tratado con agua caliente y ceras, señalando que la estructura de las ceras epicuticulares cambia por efecto del calentamiento y provoca que el fruto sea mas impermeable, produciendo deficiencias en la maduración y por otro lado, los frutos realizan un gasto energético para reponer su cera superficial.

Pérez *et al.* (2004), estudiaron el efecto de la aplicación de cera comestible en mango con tratamiento hidrotérmico sobre las características cuticulares del fruto durante el almacenamiento comercial y reportaron que a pesar que el contenido de ceras epicuticulares contribuyen a impermeabilizar los frutos, la morfología y estructura de éstas varían favoreciendo la pérdida de agua.

CONCLUSIONES

La ultraestructura de la cutícula cambió con la aplicación del tratamiento hidrotérmico. En general, estos resultados contribuyen al conocimiento sobre el efecto del tratamiento hidrotérmico en los cambios en la cutícula que llevan a la formación de estructuras diferenciales en las ceras epicuticulares y afirman la importancia de considerar la aplicación y sus efectos sobre la función de la cutícula en los frutos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de Ernesto Sánchez del (INIFAP), a Francisco Brown de la Universidad de Sonora (UNISON) y a Maria Goreti del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY).

LITERATURA CITADA

Aloni, B.; L. Karni, I. Rylski, Y. Cohen, Y. Lee and M. Fuchs. 1998. Cuticular cracking in pepper fruit. I. Effects of night temperature and humidity. J. Hort.Sci. Biotechnol 73 (6): 743-749.

Armstrong, J. W. and P. A. Follett. 2007. Hot water immersion quarantine treatment against Mediterranean Fruit Fly and Oriental Fruit Fly (*Diptera Tephritidae*) and Larvae in Litchi and Logan Fruit exported from Hawaii. Journal of Economic Entomology 100 (4): 1091-1097.

Avena Butillos, R. 1997. Tratamiento hidrotémico. R. Báez (Editor) En: Manejo Potcosecha del Mango. México. Pp. 30-35.

Avilán, L. y C. Rengifo. 1990. El mango (*Mangifera indica* L.). 1 ed. Editorial América. Caracas - Venezuela. 401 p.

Báez, R.; E. Bringas, G. González, T. Mendoza, J. Ojeda y J. Mercado. 2001. Comportamiento postcosecha del mango 'Tommy Atkins' tratado con agua caliente y ceras. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 44: 39-43.

Báez, R.; C. Saucedo, B. Pérez, E. Bringas y A. Mendoza. 2002. Efecto de la aplicación de cera comestible y agua caliente en la conservación del melón reticulado. Revista Fitotecnia Mexicana 25 (4): 375-379.

Barnes, J.; K. Percy, N. Paul, P. Jones, C. McLaughlin, P. Mullineaux, G. Creissen and A. Wellburn. 1996. The influence of UV-radiation on the physiochemical nature of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) leaf surface. J. Exp. Bot. 47: 99-109.

Barthlott, W.; C. Neinhuis, D. Cutler, F. Ditsch, I. Meusel, I. Theisen and H. Wilhelmi. 1998. Classification and terminology of plant epicuticular waxes. Bot. J. Soc. 126: 237-260.

Casado C. and A. Heredia. 1999 Structure and dinamics of reconstituted cuticular waxes of grape berry cuticle (*Vitis vinifera* L.). J. Exp. Bot. 50: 175-182.

Comménil, P.; L. Brunet and J. Audran. 1997. The development of the grape berry cuticle in relation to susceptibility to bunch rot disease. J. Exp. Bot. 48 (313): 1599-1607.

Fallik, E. 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). Postharvest Biology and Technology 32 (2): 125-134.

Flores, A. 1994. Manejo Post-cosecha de frutas y hortalizas en Venezuela. Cojedes UNELLEZ. Venezuela, Imprenta Nacional. 319 p.

Gazzola, R.; R. Alves and H. Filgueiras. 2004. Physical state of epicuticular waxes during development of 'Tommy Atkins' mangoes. Acta Hort. 645: 595-599.

Hallam, N. and T. Chambers. 1970**.** The leaf waxes of the genus *Eucalyptus* L'Héritier. Aust. J. Bot. 18: 335-386.

Hauke, V. And L. Schreiber. 1998. Ontogenetic and seasonal development of wax composition and cuticular transpiration of ivy (*Heredia helix* L.) sun and shade leaves. Planta 207: 67-75.

Heredia, A. 2003. Biophysical and biochemical characteristics of cutin, a plant barrier Biopolymer. Bioch. Biophys. Acta 1620: 1-7.

Holroyd, G.; A. Hetherington and J. Gray. 2002. A role for the cuticular waxes in the environmental control of stomatal development. New Phytol. 153: 433-439.

Image Processing and Analysis in Java. Disponible http://rsb.info.nih.gov/ij/ (Consulta: 2005, Febrero 28).

Jeffree, C. 1996. Structure and ontogeny of plant cuticles. *In*: Plant Cuticles: An Integrated Funtional Approach. G. Kerstiens (Eds). Oxford: Bios Scientific Publishers. pp. 33-82.

Jenks, M.; S. Eigenbrode and B. Lemieux. 2002. Cuticular waxes of Arabidopsis. J. Cell Biol. 17: 208-212.

Johnson, G. and L. Coates. 1993. Postharvest Diseases of Mango. Postharvest News & Information. 4: 27-34.

Knoche, M.; M. Beyer, S. Peschel, O. Boyko and M. Bukovac. 2004**.** Changes in strain and deposition of cuticle in developing sweet Cherry fruit. Physiol. Plant. 126 (4): 667-678.

Kolattukudy, P. 1996**.** Biosynthetic pathways of cutin and waxes, and their sensitivity to environmental stresses. *In*: Plant cuticles, Kerstiens G (eds). Oxford: BIOS Scientic Publishers. p. 83-108.

Kunst, A. and L. Samuels. 2003. Biosynthesis and secretion of plant cuticular wax. Progr. Lipid Res. 42: 51-80.

Lunardi, R.; E. Seibert y R. Joao. 2002. Tolerancia da maca "Fuji" ao tratamento térmico por imersão em água quente. Cienc. Agrotec, Lavras 26(2)798-803.

Lurie, S. and J. Klein. 1991. Acquisition of low-temperature tolerance in tomatoes by exposure to hot-temperature stress. J. Amer.Soc. Hort. Sci. 116: 1007-1012.

Lurie, S.; E. Fallik and J. Klein. 1997. Postharvest heat treatments to apples to control San Jose Scale and blud mold and maintain fruit firmess. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123: 1010-1014.

Matas, A.; J. Cuartero and A. Heredia. 2004**.** Phase transitions in the biopolyester cutin isolated from Tomato fruit cuticle. Thermoch. Acta 409 (2): 165-169.

Mitra S. and A. Baldwin. 1997. Mango. S. Mitra (Editor). En: Posharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits. Cab International, New York. pp. 85-122.

Molina, R. 1998. Introducción al procesamiento y análisis de imágenes digitales. Departamento de Ciencias de la computación e I.A. Universidad de Granada.Disponiblehttp://wwwtsi2.ugr.es/depar/ccia /mia/complementario/ Procesamiento_Imagenes.pdf (Consulta: 2005, Febrero 26).

Number Cruncher Statistical Systems (NCSS). 2000. Statistical Systems 6.0 for windows. Kaysville, Utah.

Pérez, B.; E. Bringas, J. Mercado, C. Saucedo, L. Cruz y R. Báez Sañudo. 2004. Aplicación de cera comestible en Mango. Parte II: Estudios fisiológicos asociados a la maduración del fruto durante el

almacenamiento comercial. Rev. Iber de Tec. Pos. 6 (1): 24-33.

Pesis, E.; D. Aharoni, Z. Aharon, R. Ben Arie, N. Aharoni and M. Fuchs. 2000. Modified atmosphere and modified humidity packaging alleviates chilling injury in mango fruit. Postharv. Biol. Techno. 19: 93-101.

Ploetz, R. 2004. Diseases of mango: Strategies and potential for sustainable management. Acta Horticulturae 645: 137-150.

Post Beittenmiller, D. 1996. Biochemistry and molecular biology of wax production in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. 47: 405-430.

Ramírez, D.; J. Jiménez, E. Pacheco, J. Lagarda, A. Ortega, P. Valenzuela y M. Zapata. 2004. El INIFAP en Sonora. Publicación especial. CIRNO-INIFAP. México. 103 p.

Riederer, M. and L. Schreiber. 2001**.** Protecting against water loss: analysis of the barrier properties of plant cuticles. J. Exp. Bot. 52: 2023-2032.

Rogiers, S.; J. Hatfield, V. Gunta, R. White and M. Keller. 2004. Grape berry cv. Shiraz epicuticular wax and transpiration during ripening and preharvest weight loss. Amer. J. Enol. Vitic. 55: 121-127.

Rondón, O.; N. Sanabría de Albarracín y A. Rondón. 2006. Control hidrotérmico de *Colletotrichum gloeosporiodes* Penz en mango (*Mangifera indica* L.). Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa.Rica) No.78.

Saucedo Veloz, C. 2000. Perspectivas del uso de tratamientos físicos de cuarentena en frutos de aguacate. Memorias II Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcoecha y Agroexportaciones. 66-70.

Saucedo, C. y G. Mena. 1995. Evaluación de sistemas de manejo postcosecha en mango. Seminario Internacional y Encuentro Nacional de Productores y exportadores de mango de Guatemala (2). Memorias. Guatemala. 71 p.

Schreiber, L. 2005. Polar paths of diffusion across plat cuticles: new evidence for an old hypothesis. Ann. Bot. 95: 1069-1073.

Seok In, H.; H. Hee Lee and D. Kim. 2007. Effects of hot water treatment on the storage stability of satsuma mandarin as a postharvest decay control. Postharvest Biology and Technology 43 (2): 271-279.

Suita de Castro, L.; R. Valdebenito, R. Flores e N. Moreira. 2002. Metodologia para observação da camada de cera em maçãs, utilizando microscopia electrônica de varredura. Rev. Brasileira Frutic. 24: 774-775.

Vazquez Salinas, C. and S. Lakshminarayana. 1985. Compositional changes in mangos fruits during ripening at different storage temperatures. Journal of Food Science 50: 1646-1648.

Verardo, G.; E. Pagani, P. Geatti and P. Martinuzzi. 2003. A thorough study of the surface wax of apple fruits. Analyt. Bioanaly. Chem. 376: 659-667.

Veraverbeke, E.; P. Verboven, P. Van and B. Nicolaï. 2003. Prediction of moisture loss across the cuticle of apple (*Malus sylvestri* subsp. Mitis (Wallr)) during storage. Part 1. Model development and determination of diffusion coefficients. Postharv. Biol. Technol. 30: 75-88.

Vogg, G.; S. Fischer, J. Leide, E. Emmanuel, R. Jetter, A. Levy and M. Riederer. 2004. Tomato fruit cuticular waxes and their effects on transpiration barrier properties: functional characterization of a mutant deficient in a very-long-chain fatty acid β-ketoacyl-CoA synthase. J. Exp. Bot. 55: 1401-1410.

Wagner, P.; R. Fürstner, W. Barthlott and C. Neinhuis. 2003. Quantitative assessment to the structural basis of water repellency in natural and technical surfaces. J. Exp. Bot. 54:1-9.

Wiedermann, P. and C. Neinhuis. 1998. Biomechanics of isolated plant cuticles. Bot. Acta 111: 28-34.

Zambrano, J. y W. Materano. 1999. Efecto del tratamiento de inmersión en agua caliente sobre el desarrollo de daños porel frío en frutos de mango (*Mangifera indica* L.). Agronomía Tropical 49 (1): 81-92.