

Métodos para el manejo de la maduración en mango:

Una revisión bibliográfica¹

D.C. Slaughter
Biological and Agricultural Engineering
University of California, Davis
Enero 2009

1 Resumen

Una revisión bibliográfica sobre el manejo de la maduración en mangos fue conducida. La mayor parte de la investigación reciente en este tema implica métodos para retrasar la maduración utilizando envases de atmósfera modificada utilizando cubiertas comestibles o inhibiendo la acción del etileno a través del uso de 1-metilciclopropano (1-MCP).

2 Introducción

Para facilitar la comercialización exitosa de mangos utilizando el empaquetado convencional y los métodos de manejo postcosecha, los mangos destinados para la importación dentro de los EE.UU. se cosechan en la etapa verde madura cuando aún son firmes. La fruta madura luego de que llega a los EE.UU. en el comerciante, el minorista, o el consumidor (Kader y Mitcham, 2008). Kader y Mitcham observan que las ventas de mangos aumentan si la fruta pronta-para-el-consumo está disponible en los mercados minoristas. Uno de los desafíos para la comercialización exitosa de mangos es su vida útil limitada (típicamente 14 a 28 días en la etapa verde madura y hasta una semana en la etapa madura). La tecnología postcosecha que extienda la vida mostrador de los mangos sin afectar por el contrario su calidad al momento de consumición es de valor considerable para la industria.

3 Factores que afectan la maduración

3.1. Temperatura

El manejo de la temperatura es el factor más crítico en el manejo de la maduración de los mangos verde maduros. Paull y Chen (2004) indican que mantener la fruta en temperaturas en el rango de 20 a 23 °C (68.0 a 73.4 °F) proporciona el mejor aspecto, palatabilidad y el control del decaimiento de la maduración de los mangos. Kader y Mitcham (2008) indican que el mantenimiento de la fruta entre 15.5 a 18 °C (60 a 65 °F) durante la maduración proporciona el

¹ Traducido al español por Maria E. Gonzalez.

color más atractivo de la piel, no obstante el sabor sigue siendo agrio a menos que la fruta se mantenga 2 a 3 días adicionales entre 21 a 24 °C (70-75 °F). Si los mangos se mantienen entre 27 y 30 °C (80-86°F) durante la maduración, la piel de la fruta se abigarra y la fruta adquiere un sabor fuerte. La maduración se retrasa cuando los mangos se mantienen por encima de 30 °C (86 °F). Los mangos verde-maduros se pueden mantener entre 10 y 13 °C (50 a 55°F) durante 14 a 28 días (Paull y Chen, 2004). Los mangos maduros se pueden mantener entre 10 a 13 °C (50 a 55 °F) durante una semana.

Siendo una fruta tropical, los mangos están sujetos a daño por frío si se mantienen por debajo de 13 °C (55 °F) en el caso de mangos verdes maduros, y por debajo de 10°C (°F 50) en mangos parcialmente maduros (Kader y Mitcham, 2008). Los mangos maduros se pueden mantener en frío convencional a 10 °C (50 °F) por algunos días sin presentar daño por frío. Kader y Mitcham observan que, para evitar el riesgo de daño por frío en la fruta, sería preferible mantener los mangos verde-maduros o mangos a punto de madurar en cámara de atmósfera controlada con oxígeno del 4% (con nitrógeno para balance de la atmósfera) y una temperatura de 15 °C (59 °F) que en un ambiente de aire convencional a 10 °C (50 °F) cuando se procura retrasar la maduración. La humedad del aire en las cámaras de maduración o almacenamiento debe de ser entre 90 a 95% para evitar la deshidratación de la fruta.

3.2 Etileno

Hatton et al. (1965) divulgaron que las tasas de maduración y el ablandamiento de los cultivares de mango de la Florida aumentaban a medida que las temperaturas incrementaban de 16 a 27 °C (60.3 a 80.6 °F), pero la mejor gama de temperaturas fue entre 21 y 24 °C (69.8 a 75.2 °F). Los mangos madurados a 27 °C (80.6 °F) y temperaturas más altas tenían sabores fuertes y la piel moteada (Soule y Harding, 1956; Hatton et al., 1965). Los mangos producen niveles relativamente bajos de etileno, pero responden a aplicaciones exógenas de etileno. Campbell y Malo (1969) encontraron que la maduración de mangos verde maduros fue acelerada en respuesta al etileno liberado a partir del ácido 2-cloroetil fosfónico (etefon). La exposición al etileno en concentraciones de 20 a 100 ppm durante 24 hora, de los cultivares de mangos de la Florida, cosechados en la etapa verde maduro resulta en maduración más rápida y más uniforme a 21 °C (69.8 F) y 92 a 95 % humedad relativa (Barmore, 1974). Barmore y Mitchell (1977) divulgaron que la fruta pronta-para-consumo con mejor color y en tiendas minoristas aumentaron las ventas. Las ventajas de la maduración inducida por etileno fueron divulgadas recientemente para mangos “Ataulfo” (Montalvo et al., 2007).

El tasa de maduración en mangos puede ser acelerado tratando la fruta con etileno en 100 ppm en un ambiente de bajo (menor a 1%) bióxido de carbono por un periodo de 12 a 24 horas (Kader y Mitcham, 2008). La fruta madurará entonces en 5 a 9 días, dependiendo del cultivar, si se mantiene entre 18 y 22 °C (65 a 72 °F).

4 Técnicas de manejo para prolongar la vida de almacenamiento del mango

4.1. Antecedentes

Ben-Yehoshua et al. (2005) observan que las tasas de maduración y de senescencia en muchas frutas climatéricas como el mango, pueden ser afectadas por el control de la disponibilidad de O₂ y de CO₂ en la fruta durante la respiración y que estos dos compuestos pueden tener un efecto inhibitorio significativo en la capacidad del etileno de iniciar la maduración. Es así que mucha de la investigación conducida para desarrollar técnicas que facilitan el prolongamiento de la vida de almacenamiento de los mangos se ha centrado en los métodos que permiten el control del O₂, del CO₂, y/o del etileno.

4.2. Almacenaje en atmósfera controlada y envases de atmósfera modificada

Estudios basados en cultivares de mango de la Florida, determinan que la gama óptima del nivel de oxígeno es de 3 a 5% y la de bióxido de carbono es 5 a 10% en atmósferas modificadas o controladas (Bender et al., 1994, 1995, 2000, 2000a, 2000b; Hatton y Reeder, 1965; Kim et al., 2007; Spalding y Reeder, 1974 y 1977; Yahia, 2006). Yahia y Vásquez-Moreno (1993) encontraron que los mangos toleran exposiciones cortas a las atmósferas insecticidas con muy poco oxígeno y elevado bióxido de carbono. Sin embargo, la exposición de mangos verde-maduros a niveles de oxígeno por debajo del 2% y/o niveles de bióxido de carbono sobre el 10% durante más de varios días pueden inducir decoloraciones en la piel, color grisáceo o palidez de la pulpa, maduración desigual, y desarrollo de malos sabores debido al metabolismo de fermentación (acumulación de acetaldehído y etanol). Envases de atmósfera modificada con o sin los absorbedores del etileno puede retrasar la maduración y reducir la pérdida de agua en mangos verde-maduros (Molineros et al., 1983 y 1986; Yahia, 2006). Sin embargo, si la difusión del gas es restringida hasta el punto que niveles indeseables de oxígeno y de bióxido de carbono se desarrollan, resultara en los efectos indeseables antes mencionados de bajo oxígeno y elevado bióxido de carbono.

Paull y Chen (2004) indican que la vida de almacenamiento de mangos puede ser alargada manteniendo la fruta en un ambiente con O₂ de 3 a del 5% y CO₂ de 5 a del 10%, entre 7 y 9 °C (44.6 a el °F 48.2) y 90 % humedad relativa de la atmosfera. Ellos observaron que los cultivares de mango responden diferente al almacenamiento en atmósfera controlada, y que los retrasos en la maduración proporcionados pueden ser menores (días) y no económicamente ventajosos en todas las situaciones. Las atmósferas controladas pueden estar provistas de cámaras especialmente diseñadas para el almacenaje durante el transporte y/o el almacenamiento por atmósfera modificada utilizando bolsas de polietileno u otras bolsas plásticas, pero algunos tipos de bolsas pueden causar malos sabores o colores anormales de la

piel en mangos. Kader (2008) observa que el mantenimiento de mangos en atmósferas por debajo del 2% de O₂ y sobre el 8% de CO₂ puede dar lugar a la decoloración de la piel, al color grisáceo de la pulpa, y al desarrollo de malos sabores.

4.3 Cubiertas comestibles

Un número de estudios han sido conducidos demostrando que las cubiertas comestibles se pueden utilizar como envase de atmósfera modificada de menor costo para proporcionar un cierto control de la maduración y de prolongar la vida de almacenamiento. Baldwin (2005) ha escrito una revisión bibliográfica del uso de cubiertas comestibles en frutas y vegetales para prolongar la vida útil y para el manejo de otros factores postcosecha. Baldwin observa que las cubiertas comestibles pueden proporcionar una atmósfera adecuada para fruta que tiene bajo O₂ y altos niveles de CO₂ para reducir tasas de maduración en muchos frutos climatéricos siempre que los film comestibles hayan sido diseñados para no crear un ambiente que cause respiración anaerobia. Muchas cubiertas comestibles tienen la ventaja adicional de proporcionar una barrera que reduce la deshidratación en la fruta durante el almacenamiento. La disponibilidad y el estatus regulatorio de las cubiertas comestibles varían entre países. Baldwin observa que materiales clasificados como “generalmente reconocidos como seguros” (GRAS) son considerados “comestibles” por la Food and Drug Administration (FDA) de los EE.UU. Una ventaja en el uso de cubiertas en frutos como el mango, es que la piel generalmente no se consume, posiblemente prestando mayor flexibilidad en la opción de materiales para al uso de cubiertas comestibles.

Varios estudios han examinado la performance de una cobertura comestible para fruta basada en la cera de carnauba o la cera de abejas (Baldwin et al., 1999; Dhalla y Hanson, 1988; Dang et al., 2008; Feygenberg et al., 2005; Hoa et al., 2002; Hoa y Ducamp, 2008; Menezes et al., 1996). Todos los estudios muestran que las cubiertas de cera son eficientes en la reducción de pérdidas de agua en mangos durante el almacenamiento. La mayor parte de los estudios observaron que las capas de la cera no fueron eficaces en retrasar la maduración de mangos. Algunos estudios (Dhalla y Hanson, 1988; Dang et al., 2008; Feygenberg et al., 2005) han observado un retraso en la maduración de algunos días. Feygenberg et al. (2005) observaron que las frutas cubiertas cera no desarrollaron malos sabores, y fueron preferidos sobre fruta sin recubrimiento por los miembros del jurado panelista.

Otro número de materiales para recubrimiento han sido estudiados por su capacidad de retrasar la maduración en mangos. Baldwin et al. (1999) observaron un retraso en la maduración de mangos “Tommy Atkins” cuando cubiertos con hidroxipropil metil celulosa (un polisacárido). Hoa et al. (2002) condujeron un estudio sobre los efectos de diversas cubiertas formuladas a partir de varios materiales incluyendo proteína, cera de carnauba, goma laca, y celulosa en mangos “Lirfa” en su capacidad para retrasar la maduración de la fruta y mantener la calidad de la misma. Observaron que las cubiertas basadas en metil celulosa y zein hidroxipropil (una proteína de la planta del maíz) eran más eficaces en el retraso del ablandamiento del fruto y el

desarrollo del color y que estas capas podían retrasar la maduración de la fruta verde madura por varios días. Los mangos cosechados verdes maduros cubiertos con zein indicaron elevados niveles de etanol luego del almacenamiento, no obstante su evaluación no demostró diferencias significativas en las clasificaciones del panel sensorial entre fruta cubierta con zein y la fruta control al final del período de almacenamiento.

Carrillo-Lopez et al., (2000) observaron retrasos de varios días en la maduración de mangos “Haden” cubiertos con “Semperfresh” (una mezcla de ésteres de mono- y di-glicéridos, sucrosa y carboximetilcelulosa). Dang et al. (2008) evaluaron Semperfresh y cubiertas de gel de Aloe vera en mangos “Kensington Pride”. Dichos autores observaron algunos días de retraso en la maduración debido al recubrimiento con Semperfresh y el gel de Aloe vera, aunque estas cubiertas también redujeron el desarrollo de aromas volátiles durante la maduración de la fruta. Hoa y Ducamp (2008) observaron retrasos en la maduración en alrededor de 3 días en “cat Hoa loc” mangos cubiertos con Xedabio (un film basado en lecitina de soja). Malik y Singh (2005) observaron que las cubiertas de poliaminas retrasaron la maduración de mangos “Kensington Pride” en unos pocos días sin deteriorar la calidad de la fruta. Kittur et al. (2001) encontraron que el almidón, la celulosa, y las cubiertas basados en chitosan en mangos “Alfonso” fueron mas efectivos en retrasar la maduración que Waxol. También observaron que las cubiertas basados en chitosan fueron efectivos en la reducción de infecciones fúngicas. Otro número de estudios (Srinivasa et al. 2002 y 2004; Wang et al., 2007; Zhu et al. 2008) también observaron que cubiertas de chitosan pueden retrasar la maduración de mango por varios días.

4.4 1-Metilciclopropeno (1-MCP)

El compuesto 1-metilciclopropeno (1-MCP) es un gas inodoro que tiene una semejanza física al etileno permitiendo que este se ligue a los receptores del etileno en las frutas, inhibiendo así la acción normal del etileno y prolongando la vida de almacenamiento de la fruta. Sozzi y Beaudry (2007) observan que la mayoría de uso actual para 1-MCP es como suplemento al manejo apropiado de la temperatura postcosecha durante o almacenamiento en atmósfera controlada. Un número de revisiones bibliográficas de las aplicaciones postcosecha del producto 1-MCP se encuentran disponibles (Blankenship y Dole, 2003; Sozzi y Beaudry, 2007; Watkins, 2008), y Watkins y Miller (2009) crearon un sitio web que mostraba estudios recientes de investigación en el uso de 1-MCP en productos hortícolas. El nombre comercial SmartFresh™ (AgroFresh Inc.) se utiliza para la formulación comercial de 1-MCP, y el producto esta registrado para el uso de hasta 1 ppm (1000 ppb) en mangos en los EE.UU. y un número de otros países (Sozzi y Beaudry, 2007). La disponibilidad y el registro de 1-MCP varían entre países.

Watkins (2008) observa que el uso de 1-MCP es más adecuado para el uso en cultivos como la manzana, donde el objetivo es mantener la textura crujiente desde la cosecha hasta el momento de consumición. En frutas como el mango, donde el objetivo es obtener un cambio en la textura entre la cosecha y el momento de consumición (por ejemplo, el normal ablandamiento asociado a la maduración en estas frutas), el uso de 1-MCP presenta un desafío mayor porque el requisito es

retrasar, pero no inhibir, la maduración. En este tipo de cultivo, controles cuidadosos de las concentraciones y de las exposiciones de tiempo a 1-MCP deben ser conducidos, que pueden resultar desafiantes para establecimientos comerciales. La mayor parte de la investigación en 1-MCP ha sido conducida en manzanas. En manzanas, muchos factores incluyendo cultivar, madurez, tipo de almacenamiento (atmósfera controlada vs. convencional), temperatura de almacenamiento, tiempo entre la cosecha y el uso 1-MCP, materiales de empaquetado o de los bines, y las prácticas culturales precosecha han demostrado afectar el funcionamiento de 1-MCP (Sozzi y Beaudry, 2007; y Watkins, 2008). Es probable que muchos de estos factores también afecten el funcionamiento de 1-MCP en otros cultivos incluyendo los mangos.

Varios estudios (Alves et al., 2004; Hofman et al., 2001; Jiang y Joyce, 2000; y Lalel et al., 2003; y Penchaiya et al., 2006) han demostrado que el número de días requeridos para madurar los mangos puede ser retrasado por hasta varios días con el uso de 1-MCP. Los resultados de los estudios no son consistentes con respecto al nivel de concentración de 1-MCP requerido para alcanzar el retraso deseado de la maduración. Alves et al. (2004) fueron exitosos al usar concentraciones bajas (30 a 120 ppb) de 1-MCP para retrasar la maduración de mangos “Tommy Atkins”, mientras que otros (Hofman et al., 2001; Jiang y Joyce, 2000; y requieren a Lalel et al., 2003) requirieron concentraciones mucho más altas (25 a 100 PPM) que las requeridas típicamente en otros cultivos para ser eficaces. Wang et al. (2006) encontraron, al aplicar 1-MCP utilizando técnicas de infiltración por vacío, una concentración de 5 ppm de 1-MCP proporcionó un aumento en la vida útil de 8 a 12 días. Singh et al. (2007) compararon el uso de 1-MCP contra el nitrato de plata, el ácido giberélico, el metabisulfito de sodio, y los tratamientos con ácido ascórbico en mangos “Dashehari” y encontrado que el tratamiento con 1-MCP era el más eficaz en el retraso de la maduración. Coccozza et al. (2004) encontraron que panelistas sensoriales no detectaron ninguna diferencia en el aroma, el color o la firmeza entre mangos “Tommy Atkins” no tratados y mangos tratados con 1-MCP. Sin embargo, Lalel et al. (2003) observaron que el tratamiento con 1-MCP en mangos “Kensington Pride” suprimió el desarrollo de volátiles aromáticos durante la maduración. Hofman et al. (2001) observado que 1-MCP duplicó la incidencia de decaimiento (putrefacciones del pedúnculo) debido a *Colletotrichum* spp. o *Dothiorella* spp. en mangos cuando comparados con fruta no tratada.

4.5 Tratamientos con cloruro de calcio

Un número de estudios se han conducido para investigar el uso de tratamientos de cloruro de calcio para prolongar la vida de almacenamiento del mango (Tirmazi y Wills, 1981). El método de Esguerra y Bautista (1984) se aplica frecuentemente y los mangos son sumergidos en una solución fría de cloruro de calcio por 2 horas después de la cosecha. En estudios realizados en mangos “Julie” (Mootoo, 1991) y “Willard” (Suntharalingam, 1996), los tratamientos con cloruro de calcio entre 4% y 6% ampliaron la vida mostrador de la fruta por 5 a 7 días. Tirmazi y Wills (1981) y Suntharalingam (1996) observaron lesiones en la piel de los mangos “Willard”

y “Kensington Pride” respectivamente, cuando tratados con soluciones del cloruro de calcio del 8%.

5 Conclusiones

El manejo postcosecha de mangos es importante para su comercialización exitosa. El factor más crítico que afecta la vida postcosecha de mangos es el manejo de su temperatura. El rango de temperaturas entre 20 a 23 °C (68.0 a 73.4 °F) resulta en la fruta de mejor aspecto, buen sabor, y control del decaimiento durante la maduración de los mangos. Los mangos se pueden sostener entre 10 a 13 °C (50 a 55 °F) para ampliar su vida útil. El mantenimiento de los mangos fuera de este rango de temperaturas da a lugar fruta de menor calidad, y puede dañar la fruta. La tasa de maduración se puede acelerar con el tratamiento de mangos verde maduros con 100 ppm de etileno durante 24 horas. La humedad relativa se debe mantener entre 90 y 95% durante todos los puntos de la cadena postcosecha para reducir al mínimo las pérdidas de agua y el desecamiento de los mangos.

Varios métodos se han evaluado para alargar la vida postcosecha de los mangos más allá de lo directamente posible mediante el manejo de la temperatura. Estos métodos generalmente se basan en el control de la disponibilidad o acción del O₂, el CO₂ y el etileno durante la maduración. Los estudios de investigación en estas técnicas demuestran generalmente un retraso en la maduración (y así una extensión en la vida útil) en un rango de entre 2 y 10 días.

6 Agradecimientos

El autor desea expresar su aprecio al Dr. Adel Kader por su generosidad en el acceso al uso de su biblioteca personal, y la ayuda prestada para desarrollar y corregir esta revisión, y a la ayuda de Chris Gliever, de Alejandría Stewart, de Rosa Padilla, y de Maria E. Gonzalez por su ayuda en el desarrollo de esta revisión bibliográfica.

7 Referencias

- Alves, R.E., H.A.C. Filgueiras, M.E.C. Pereira, F.M. Coccozza, and J.T. Jorge. 2004. Postharvest ripening of 'Tommy Atkins' mangoes on two maturation stages treated with 1-MCP. *Acta Hort.* 645:627–632.
- Baldwin, E. A., J. K. Burns, W. Kazokas, J. K. Brecht, R. D. Hagenmaier, R. J. Bender, and E. Pesis. 1999. Effect of two coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. *Postharv. Biol. Technol.* 17:215-226.
- Baldwin, E. 2005. Edible coatings. In: Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality. Ben-Yehoshua, S. Ed. Taylor and Francis Group LLC. Boca Raton, FL, USA. Chapter 10.
- Barmore, C.R. 1974. Ripening mangos with ethylene and ethephon. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 87: 331-334.
- Barmore, C.R. and E.F. Mitchell. 1977. Ethylene pre-ripening of mangoes prior to shipment. *The Citrus Industry* 58: 18-19 & 22-23.
- Bender, R.J., J.K. Brecht, E.A. Baldwin, and T.M.M. Malundo. 2000. Aroma volatiles of mature-green and tree-ripe 'Tommy Atkins' mangoes after controlled atmosphere vs. air storage. *HortScience* 35:684-686.
- Bender, R.J., J.K. Brecht, and C.A. Campbell. 1994. Responses of Kent and Tommy Atkins mangoes to reduced O₂ and elevated CO₂. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 107:274-277.
- Bender, R.J., J.K. Brecht, and S.A. Sargent. 1995. Inhibition of ethylene production in mango fruit by elevated CO₂ and recovery during subsequent air storage. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 108:279-285.
- Bender, R.J., J.K. Brecht, S.A. Sargent, and D.J. Huber. 2000a. Mango tolerance to reduced oxygen levels in controlled atmosphere storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125:707-713.
- Bender, R.J., J.K. Brecht, S.A. Sargent, and D.J. Huber. 2000b. Low temperature controlled atmosphere storage for tree-ripe mangoes (*Mangifera indica* L.). *Acta Hort.* 509: 447-458.
- Ben-Yehoshua, S., R.M. Beaudry, S. Fishman, S. Jayanty, and N. Mir. 2005. Modified atmosphere packaging and controlled atmosphere storage. In: Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality. Ben-Yehoshua, S. Ed. Taylor and Francis Group LLC. Boca Raton, FL, USA. Chapter 4.
- Blankenship, S.M., and J.M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharv. Biol. Technol.* 28:1-25.

- Campbell, C.W. and S.E. Malo. 1969. The effect of 2-chloroethylphosphonic acid on ripening of mango fruits. *Carib. Reg. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 13: 221-226.
- Carrillo-Lopez, A., F. Ramirez-Bustamante, J. B. Valdez-Torres, and R. Rojas-Villegas. 2000. Ripening and quality changes in mango fruit as affected by coating with an edible film. *J. Food Qual.* 23:479-486.
- Cocozza, F.M., J.T. Jorge, R.E. Alves, H.A.C. Filgueiras, D. Santos, and M.E.C. Pereira. 2004. Sensory and physical evaluations of cold stored 'Tommy Atkins' mangoes influenced by 1-MCP and modified atmosphere packaging. *Acta Hort.* 645:655-661.
- Dang, K. T. H., Z. Singh, and E. E. Swinny. 2008. Edible coatings influence fruit ripening, quality and aroma biosynthesis in mango fruit. *J. Agric. Food Chem.* 56:1361-1370.
- Dhalla, R., and S. W. Hanson. 1988. Effect of permeable coatings on the storage life of fruits. II. Pro-long treatment of mangos (*Mangifera indica* L. cv. Julie). *Intl. J. Food. Sci. Technol.* 23:107-112.
- Esguerra, E. B., and O. K. Bautista. 1984. Infiltration of 'Carabao' mangoes with calcium chloride using temperature differential. *Postharv. Res. Notes.* 1:15-17.
- Feygenberg, O., V. Hershkovitz, R. Ben-Arie, S. Jacob, E. Pesis, and T. Nikitenko. 2005. Postharvest use of organic coating for maintaining bio-organic avocado and mango quality. *Acta Hort.* 682: 507-512.
- Hatton, T.T. and W.F. Reeder. 1965. Controlled atmosphere storage of Keitt mangos. *Proc. Carib. Reg. Amer. Soc. Hort. Sci.* 10: 114-119.
- Hatton, T.T., W.F. Reeder, and C.W. Campbell. 1965. Ripening and storage of Florida mangos. *Marketing Res. Rep. 725, Agric. Res. Serv., U.S. Dept. Agric., Washington, D.C.*
- Hoa, T. T., and M.-N. Ducamp, M. Lebrun, and E.A. Baldwin. 2002. Effect of different coating treatments on the quality of mango fruit. *J. Food Quality* 25:471-486
- Hoa, T. T., and M.-N. Ducamp. 2008. Effects of different coatings on biochemical changes of 'cat Hoa loc' mangoes in storage. *Postharv. Biol. Technol.* 48:150-152.
- Hofman, P. J., M. Jobin-Decor, G. F. Meiburg, A. J. Macnish, and D. C. Joyce. 2001. Ripening and quality responses of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. *Austral. J. Exp. Agric.* 41:567-572.
- Jiang, Y. and D. C. Joyce. 2000. Effects of 1-methylcyclopropene alone and in combination with polyethylene bags on the postharvest life of mango fruit. *Annals Appl. Biol.* 137:321-327.

- Kader, A. A. 2008. Mangoes recommendations for maintaining postharvest quality. En: Fruit Ripening and Ethylene Management. 50-51. Univ. Calif. Postharvest Technology Research and Information Center Publication Series #9 *también disponible en:* <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/mango.shtml>
- Kader, A. and B. Mitcham. 2008. Optimum Procedures for Ripening Mangoes. In: Fruit Ripening and Ethylene Management: 47-48. Univ. Calif. Postharvest Technology Research and Information Center Publication Series #9: http://postharvest.ucdavis.edu/Pubs/Pub_Desc_9.pdf.
- Kim, Y., J.K. Brecht, and S.T. Talcott. 2007. Antioxidant phytochemicals and fruit quality changes in mango (*Mangifera indica* L.) following hot water immersion and controlled atmosphere storage. Food Chem. 105: 1327-1334.
- Kittur, F. S., N. Saroja, and R. N. Tharanathan. 2001. Polysaccharide-based composite coating formulations for shelf-life extension of fresh banana and mango. Eur. Food Res. Technol. 213:306-311.
- Lalel, H. J. D, Z. Singh, and S. C. Tan. 2003. The role of ethylene in mango fruit aroma volatiles biosynthesis. J. Hort. Sci. Biotechnol.78:485–496.
- Malik, A. U., and Z. Singh. 2005. Pre-storage application of polyamines improves shelf-life and fruit quality in mango. J. Hort. Sci. Biotechnol. 80:363-369.
- Menezes, J. B., L. C. O. Lima, and R. E. Alves. 1996. Postharvest ripening in water-wax coated ‘Tommy Atkins’ mango. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 40:133-138.
- Miller, W.R., P.E. Hale, D.H. Spalding, and P. Davis. 1983. Quality and decay of mango fruit wrapped in heat-shrinkable film. HortScience 18: 957-958.
- Miller, W.R., D.H. Spalding, and P.W. Hale. 1986. Film-wrapping mangoes at advancing stages of post-harvest ripening. Trop. Sci. 26: 9-17.
- Montalvo, E., H.S. Garcia, B. Tovar, and M. Mata. 2007. Application of exogenous ethylene on postharvest ripening of refrigerated ‘Ataulfo’ mangoes. LWT 40: 1466-1472
- Mootoo, A. 1991. Effect of post-harvest calcium chloride dips on ripening changes in ‘Julie’ mangoes. Trop. Sci. 31:243-248.
- Paull, R. E., and C. C. Chen. 2004. Mango. In: Gross K.C., Wang C.Y. and Saltveit M. (eds), *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Stocks*. Un manuscrito de la revisión bibliográfica para USDA, *Agriculture Handbook 66* on the website

of USDA, Agricultural Research Service (<http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/> accessed 9 January 2009).

- Penchaiya, P., R. Jansasithorn, and S. Kanlayanarat. 2006. Effect of 1-MCP on physiological changes in Mango 'Nam Dokmai' Acta Hort. 712:717-722.
- Singh, R., P. Singh, N. Pathak, V. K. Singh, U. N. Dwivedi. 2007. Modulation of mango ripening by chemicals: physiological and biochemical aspects. Plant Growth Regul. 53:137-145.
- Soule, M.J. and P.L. Harding. 1956. Changes in physical characters and chemical constituents of Haden mangos during ripening at 80 F. Proc. Fla. State Hort. Soc. 69: 282-284.
- Sozzi, G. O. and R. M. Beaudry. 2007. Current perspectives on the use of 1-methylcyclopropene in tree fruit crops: an international survey. Stewart Postharvest Review 2(8): 1-16
- Spalding, D.H. and W.F. Reeder. 1974. Current status of controlled atmosphere storage of four tropical fruits. Proc. Fla. State Hort. Soc. 87:334-337.
- Srinivasa, P. C., N. S. Susheelamma, R. Ravi, and R. N. Tharanathan. 2004. Quality of mango fruit during storage: Effect of synthetic and eco-friendly cubiertas. J. Sci. Food Agric. 84: 818-824.
- Srinivasa, P. C., R. Baskaran, M. N. Ramesh, K. V. Prashanth, and R. N. Tharanathan. 2002. Storage studies on mango packed using biodegradable chitosan film. Europ. Food Res. Technol. 215: 504-508.
- Suntharalingam, S. 1996. Postharvest treatment of mangoes with calcium. Trop. Sci. 36:14-17.
- Tirmazi, S. I. H., and R. B. H. Wills. 1981. Retardation of ripening of mangoes by post-harvest application of calcium. Trop. Agric. 58:137-141.
- Wang, B. G., W. B. Jiang, H. X. Liu, L. Lin, and J. H. Wang. 2006. Enhancing the postharvest qualities of mango fruit by vacuum-infiltration treatment with 1-methylcyclopropene. J. Hort. Sci. Biotechnol. 81:163-167.
- Wang, J., B. Wang, W. Jiang, and Y. Zhao. 2007. Quality and shelf life of mango (*Mangifera indica* L. cv. Toinong) coated by using chitosan and polyphenols. Food Sci. Tech. Int. 13(4): 317-322.
- Watkins, C. B. 2008. Overview of 1-Methylcyclopropene Trials and Uses for Edible Horticultural Crops. Hortscience 43(1): 86-94
- Watkins, C.B., and W.B. Miller. 2009. A summary of physiological processes or disorders in fruits, vegetables and ornamental products that are delayed or decreased, increased, or unaffected by application of 1-methylcyclopropene (1-MCP). <http://www.hort.cornell.edu/mcp/> Accedido Enero 2009.

Yahia, E.M. 2006. Modified and controlled atmospheres for tropical fruits. *Stewart Postharvest Review* 2006, 5:6, 10pp.

Yahia, E.M. and I. Vasquez-Moreno. 1993. Responses of mango to insecticidal oxygen and carbon dioxide atmospheres. *Lebersm. Wiss. u. Technol.* 26:42-48.

Zhu, X., Q. Wang, J. Cao, and W. Jiang. 2008. Effects of chitosan coating on postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L. cv. Toinong) fruits. *J. Food Proc. Preserv.* 32: 770-784.