



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA**

CALIDAD E INOCUIDAD EN MANGO 'ATAULFO' DE EXPORTACIÓN

GREGORIO LUNA ESQUIVEL

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2008

La presente tesis titulada: “**CALIDAD E INOCUIDAD EN MANGO ‘ATAULFO’ DE EXPORTACIÓN**” realizada por el alumno **Gregorio Luna Esquivel**, con la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA**

CONSEJERA:

CONSEJO PARTICULAR



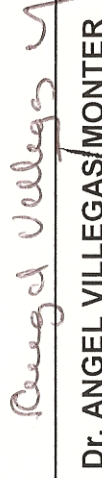
Dra. MA. DE LOURDES ARÉVALO GALARZA

ASESORA:



Dra. SOCORRO ANAYA ROSALES

ASESOR:



Dr. ANGEL VILLEGAS MONTER

ASESOR:



Dr. GABRIEL LEYVA RUELAS

ASESOR:



Dr. MARCELO ACOSTA RAMOS

Montecillo Texcoco, México, Julio de 2008

RESUMEN

CALIDAD E INOCUIDAD EN MANGO 'ATAULFO' DE EXPORTACIÓN

Gregorio Luna Esquivel, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2008

El tratamiento hidrotérmico (46.1 °C/75 min) en frutos en postcosecha es un tratamiento cuarentenario utilizado para el control de plagas, sin embargo afecta algunos procesos fisiológicos del fruto (producción de etileno, intensidad respiratoria, firmeza, color, concentración de sólidos solubles totales y acidez titulable). Este tratamiento se ha utilizado indistintamente para los mangos de variedades monoembrionicas (< 500 g) y para los mangos 'Ataulfo', sin tomar en cuenta que la conducción del calor es diferente debido al tamaño y la morfología del fruto. El objetivo del trabajo fue estudiar el efecto del tratamiento hidrotérmico en la fisiología y calidad de mango 'Ataulfo' de exportación.

La investigación se realizó durante 2005 y 2006, con frutos de mango 'Ataulfo' procedentes de las huertas de la empresa de Mangos del Istmo MAGMAR ubicada en Chahuities, Oaxaca. Los frutos se dividieron en dos lotes, el testigo y otro que recibió el tratamiento hidrotérmico, con ellos se planearon seis experimentos: 1) estudio de la maduración a 20 ± 2 °C; 2) efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) en la maduración de mango; 3) evaluación nutricional de frutos con y sin "tejido seco"; 4) calidad de mango con tratamiento hidrotérmico y sin hidrogenfriado; 5) efecto del hidrogenfriado en la calidad de mango y 6) evaluación de calidad sanitaria del mango de exportación. Los resultados mostraron que el tratamiento hidrotérmico aceleró la maduración por un día en los frutos, mejoró el color pero impidió la máxima expresión de sólidos solubles totales. El 1-MCP no retrasó la maduración de los frutos. El hidrogenfriado mejoró la calidad del mango y previno daños por frío a 10 °C almacenados por tres semanas. De acuerdo con los datos obtenidos el síntoma de "tejido seco" no se origina por un desbalance nutricional, ni por el tratamiento hidrotérmico, sin embargo si incrementa la incidencia de este desorden fisiológico. La carga microbiana en frutos de mango 'Ataulfo' de exportación, se encontró por debajo de los límites permisibles en las normas microbiológicas internacionales.

Palabras clave: Mango 'Ataulfo', tratamiento hidrotérmico, 1-metilciclopropeno, "tejido seco", hidrogenfriado, calidad sanitaria.

SUMMARY

QUALITY AND SAFETY IN 'ATAULFO' MANGO OF EXPORTATION

Gregorio Luna Esquivel, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2008

The hydrotermic treatment (46.1 °C/75 min) in fruits during postharvest has been used as a quarantine treatment to control pest, nevertheless affects physiological parameters in the fruit (ethylene production, firmness, color, soluble solids content and titratable acidity). This treatment as been used indistictly for monoembrionic varieties (< 500 g) as for 'Ataulfo' mango without considering that the heat conductance depends of the size and the morphology of the fruit. The aim of this research was to study the effect of hot water treatment in the physiology and quality of 'Ataulfo' export mango.

The research was done during 2005 and 2006, in the orchards from the Company: Itsmo MAGMAR mango, located in Chahuities, Oaxaca. The fruits of mango 'Ataulfo' were divided in two groups, one was the control and the other received the hot water treatment and the six experiments were done: 1) study of ripening at $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$; 2) effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening; 3) nutrimental evaluation of fruit with and without 'dried tissue'; 4) evaluation of the mango quality with hot water treatment and without hidrocooling, 5) effect of hidrocooling in the quality and 6) sanitary quality of mango 'Ataulfo' for export. The results showed that the hot water treatment advanced ripening one day, increased the color but avoid the highest expression of soluble solids content. 1-MCP not delayed ripening. Hidrocooling increased mango quality and preventes chilling injury at 10°C storage for 3 weeks. According with the data the symptom 'dried tissue' is caused nor by nutrimental imbalance neither hot water treatment; however this trait increases the physiology disorder incidence. The microbial account in 'Ataulfo' export mango was lower that the one allowed in the International Microbiology Norms.

Key words: 'Ataulfo' mango, hot water treatment, 1-methylcyclopropene, 'dried tissue', hidrocooling, sanitary quality.

DEDICATORIA

A mis padres

Antonio Luna Andrés y Catalina Esquivel Gómez, por ser el cimiento de mi vida, por los valores enseñados y principalmente por el apoyo ilimitado en todas las etapas de mi vida.

A mis hermanos

Marcelo, Narciso, Francisca, Esther, Anita, Adán y Fermín, pero muy en especial a Sara y Cristina que sin sus aportaciones financieras en diferentes etapas de mi vida no hubiera sido posible este proyecto.

A mis sobrinos Luís, Itayetzy, Laura, Vladimir etc., por los buenos momentos compartidos.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo otorgado para la realización de los estudios de Doctorado en Ciencias en el Colegio de Postgraduados.

Al Colegio de Postgraduados en general y en especial al Programa de Fruticultura y Fitopatología por la oportunidad brindada.

A la Universidad Autónoma de Chapingo por su valiosa cooperación por el préstamo de sus instalaciones para las pruebas microbiológicas.

A la empackadora de mangos del Istmo de la empresa MAGMAR, por permitir la entrada a sus instalaciones y por colaborar con la donación de la fruta que se analizó.

A la Dra. Ma De Lourdes Arévalo Galarza quien fungió como profesor consejero y por compartir su amplia experiencia en la dirección del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Ángel Villegas Monter, por sus acertadas sugerencias y apoyo otorgado como investigador y como persona.

Al Dr. Gabriel Leyva Ruelas, por sus sugerencias especialmente en el aspecto de inocuidad.

A la Dra. Socorro Anaya Rosales, por su minuciosa revisión y sugerencias en este proyecto doctoral.

Al Dr. Marcelo Acosta Ramos, por su gran aportación en el proyecto doctoral.

Al MC. David Jaen Contreras, por su desinteresado apoyo en el apartado de análisis nutricional y por su calidez humana.

Al Dr. Abel Rebouça São José y Dr. Daniel Nieto Ángel, por el gran apoyo brindado para realizar mi estancia en la Universidad do Sudoeste da Bahía.

Al Sr. Arturo López Veloz y Gabriel Vazquez, por su apoyo en el trabajo de laboratorio.

A los compañeros y amigos por compartir buenos momentos y experiencias Marcos, Guillermina, Carolina, Leobarda, Moisés, Arturo, Talina, Alejandro, Martha, Margarito, Blas, Ángeles, Lourdes, Verónica.

A los colegas y amigos Brasileños, Flavia, Inés, Brandao, Tiyoko, Por su cálida amistad y hospitalidad durante mi paso por su país.

A todo el personal de Fruticultura por el apoyo brindado durante mis estudios.

A toda la comunidad del Instituto de Fitosanidad por las enseñanzas durante mi paso por sus instalaciones.

A todos quienes se escapan de mi memoria pero que de alguna manera contribuyeron en mi formación personal y profesional.

CONTENIDO

¡Error! No se encontraron elementos de tabla de contenido.

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Área cosechada de guayabas, mangos y mangostanes (ha).....	6
Cuadro 2.	Volumen de exportación (1000 toneladas) de guayabas, mangos y mangostanes	6
Cuadro 3.	Valor de las importaciones (1000 US \$) de guayabas, mangos y mangostanes.....	6
Cuadro 4.	Distribución promedio de la cosecha en el año	7
Cuadro 5.	Composición y valor nutritivo del mango	8
Cuadro 6.	Estados que implementan programa de inocuidad alimentaria y productos en que se aplican.....	17
Cuadro 7.	Cambios en color (Hue), ácido málico, sólidos solubles totales, azúcares totales, azúcares reductores, almidón, Relación sólidos solubles totales/Acidez titulable y Vitamina C durante el proceso de maduración de frutos de mango ‘Ataulfo’ con (CH) y sin (SH) almacenados a temperatura ambiente (22 ± 2 °C).....	38
Cuadro 8.	Respuesta de variables de calidad al tratamiento hidrotérmico y aplicación de 1-MCP en frutos de mango ‘Ataulfo’ almacenados a 10 °C durante 2, 3 y 4 semanas a los días 0, 3 y 6 después del almacenamiento.	44
Cuadro 9.	Porcentaje de frutos con “tejido seco” (TS) y “sin tejido seco” (STS) en mango ‘Ataulfo’ con y sin tratamiento hidrotérmico en dos fechas de evaluación.	45
Cuadro 10.	Contenido nutrimental en pulpa de mango ‘Ataulfo’ con y sin “tejido seco”	46
Cuadro 11.	Características de calidad de mango ‘Ataulfo’ sometido a tratamiento hidrotérmico y almacenamiento refrigerado (10 y 13°C) o a temperatura ambiente por diferentes periodos.....	51
Cuadro 12.	Porcentaje de frutos con daños por frío y “tejido seco” en mango ‘Ataulfo’ con y sin tratamiento hidrotérmico en diferentes condiciones de almacenamiento.	52
Cuadro 13.	Características de calidad de mango ‘Ataulfo’ sometido a tratamiento hidrotérmico e hidrofriado y almacenamiento refrigerado a 10 y 13 °C ó a temperatura ambiente por diferentes periodos.....	58

Cuadro 14. Cuenta total de bacterias mesófilas aerobias (UFC g ⁻¹) en agua de pozo y tina de lavado de mango 'Ataulfo'	61
Cuadro 15. Cuenta total de bacterias mesófilas aerobias (UFC g ⁻¹) en epidermis de mango 'Ataulfo' durante el procesamiento postcosecha	62
Cuadro 16. Número de coliformes totales y fecales (NMP g ⁻¹) en epidermis de frutos de mango 'Ataulfo' durante el procesamiento postcosecha.	63
Cuadro 17. Número de coliformes totales y fecales (NMP g ⁻¹) en agua de pozo y tina de lavado de mango 'Ataulfo'	63

INDICE DE FIGURAS

<p>Figura 1. Efecto del tratamiento hidrotérmico en la respiración (a), producción de etileno (b), firmeza (c), actividad de pectin metil esterasa (PME) (d) y Poligalacturonasa (PG) (e) en el proceso de maduración de frutos de mango ‘Ataulfo’</p>	33
<p>Figura 2. Efecto del tratamiento hidrotérmico en el cambio visual de color durante 11 días después de iniciado el proceso de maduración a temperatura ambiente (20 °C ±2) de mango ‘Ataulfo’</p>	36
<p>Figura 3. Porcentaje de pérdida de peso en frutos de mango ‘Ataulfo’ con tratamiento hidrotérmico (CH) y sin tratamiento hidrotérmico (SH), almacenados a temperatura ambiente durante 11 días.</p>	39
<p>Figura 4. Contenido de carotenoides expresado como densidad óptica en epidermis de frutos de mango ‘Ataulfo’ con tratamiento hidrotérmico (CH) y sin tratamiento hidrotérmico (SH).</p>	40
<p>Figura 5. Cambios en la firmeza a) dos y b) tres semanas de frutos de mango ‘Ataulfo’ almacenados a 10 °C sometidos a diferentes tratamientos; SH= frutos sin hidrotérmico, CH= frutos con tratamiento hidrotérmico, SH+1-MCP= frutos sin tratamiento hidrotérmico y 1- metil ciclopropeno (1-MCP), CH= frutos con hidrotérmico y 1-MCP; N = Newtons.</p>	42
<p>Figura 6. Pérdida de peso en frutos de mango ‘Ataulfo’ almacenados a 10 °C después de dos semanas de almacenamiento, previamente sometidos a diferentes tratamientos; SH= frutos sin hidrotérmico, CH= frutos con hidrotérmico, SH+1-MCP= frutos sin hidrotérmico y 1-MCP, CH= frutos con hidrotérmico y 1-MCP.</p>	43
<p>Figura 7. Efecto de las bajas temperaturas en la calidad de mango ‘Ataulfo’. A) fruto con daños por frío; B) fruto sano.</p>	52
<p>Figura 8. Presencia de tejido seco en mango ‘Ataulfo’. A) fruto con tejido seco; B) fruto sano.</p>	52
<p>Figura 9. Cambios en la firmeza una y tres semanas a 10 °C (a); cambios en firmeza una y dos semanas a 13 °C (b) de frutos de mango ‘Ataulfo’; CH= frutos con tratamiento hidrotérmico; SH= frutos sin hidrotérmico.</p>	55
<p>Figura 10. Pérdida de peso en una y tres semanas a 10 °C; pérdida de peso una y tres semanas a 13 °C en frutos de mango ‘Ataulfo’; CHS1= frutos con tratamiento hidrotérmico semana uno; SHS1= frutos sin hidrotérmico semana uno; CHS3= frutos con tratamiento hidrotérmico semana tres; SHS3= frutos sin hidrotérmico semana tres.</p>	59

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) es una especie de la familia Anacardiaceae y una de las frutas más populares del mundo, ocupó el quinto lugar de los productos frutícolas más consumidos, después de la uva, cítricos, plátano y manzana (FIRA, 1997; Machado *et al.*, 2000). Este frutal se cultiva en 111 países de los 5 continentes, con una producción aproximada de 25.1 millones de toneladas anuales, que representa el 36% de la producción mundial de frutas tropicales (FAO, 2001).

En México se cultivan 173,769 ha de mango, de las cuales se cosechan 159,989 toneladas con un rendimiento promedio de 8.55 t ha⁻¹, se producen 1.36 millones de toneladas, generando 3.41 billones de pesos aproximadamente (SAGARPA, 2005). Para 2005 y 2006 México exportó 36.6 y 43.2 millones de cajas de mango respectivamente, siendo los estados exportadores: Sinaloa (46.09 %), Michoacán (25.62 %) Nayarit (12.92 %), Chiapas (7.63 %) y Oaxaca (4.03 %) (EMEX, 2006).

Los porcentajes de exportación de las variedades de mango en 2006, se ubicaron de la manera siguiente: 'Tommy Atkins' (33 %), 'Kent' (23%), 'Ataulfo' (19 %), 'Keitt' (14 %) y 'Haden' (11 %). Los mercados destino fueron Estados Unidos (85.9 %), el resto se distribuyó a Canadá, Asia y la Unión Europea (EMEX, 2006).

El mango 'Ataulfo' es uno de los cultivares con mayor superficie sembrada en México (28 000 ha), extensión comparable a la de 'Haden' y ha sido catalogado por SAGARPA (2005) como uno de los cultivares más importantes por su creciente demanda en el mercado exterior.

En mango 'Ataulfo' se desconocen las pérdidas postcosecha y los porcentajes de los factores que la causan; esto es significativo, principalmente desde el punto de vista económico, por lo tanto, para evitar las pérdidas económicas, hay que reducir el proceso de deterioro del fruto (Mosqueda, 2002).

Uno de los problemas latentes del deterioro en frutos de mango son los desordenes fisiológicos, los cuales se pueden presentar en cualquier etapa del desarrollo del fruto y pueden ser desde muy ligeros hasta muy severos a tal grado que pueden imposibilitar su consumo por los humanos. Sin embargo, aún se desconoce la causa principal de ellos y se sigue especulando sobre su origen (Shivashankara y Mathai, 1999; Vasanthaiah *et al.*, 2006).

Con los años se ha incrementado el consumo de frutas frescas, debido al crecimiento de la población mundial y la promoción activa de agencias gubernamentales de salud que promocionan el consumo de frutas y hortalizas (Wills *et al.*, 1998). No obstante, el incremento del consumo de estos productos también ha generado el brote de enfermedades ocasionadas por microorganismos en humanos (Fernández, 2000). Durante la producción y manejo postcosecha y procesamiento, el mango se encuentra en contacto directo con factores que contribuyen en la contaminación microbiológica de los alimentos; tal es el caso de agua de riego y de lavado, prácticas deficientes de desinfección, condiciones inadecuadas en el empaque, higiene deficiente de trabajadores y mal manejo durante el almacenamiento y transporte (Beuchat, 1995). Por lo tanto, es necesario realizar estudios de calidad sanitaria presente en los frutos de exportación para evitar posibles brotes de enfermedades en humanos y con ello evitar el cierre de fronteras para el mango.

Por otra parte, los exportadores mexicanos con el afán de evitar el sobre abastecimiento del mercado americano, están ampliando el destino de sus exportaciones de mango y quieren llegar a mayor número de países europeos, tales como, Suecia, Italia y España y en el mediano plazo, a Europa Oriental y Cercano Oriente (Duana, 2001). Sin embargo, para llegar a esos destinos se requiere entre 20 y 22 d, tiempo en que los frutos llegan con madurez avanzada y solo se dispone de 4 d para su comercialización (EMEX, 2005). Por lo tanto, una de las alternativas que se está utilizando para retardar el proceso de maduración de algunas variedades de mango y que mantenga la calidad del fruto, es la aplicación del inhibidor del etileno 1-metilciclopropeno (1-MCP) (Osuna *et al.*, 2005; Hofman *et al.*, 2001).

Debido a que el mango es hospedero de la mosca mexicana de la fruta [(*Anastrepha ludens* (Loew) y *A. oblicua* (Macquart))], la exportación de este fruto está reglamentada por normas internacionales, por lo que el cumplimiento del tratamiento hidrotérmico es obligado si se exporta a países como EE.UU., Japón, Chile, Nueva Zelanda y Australia. Se ha señalado que el tratamiento hidrotérmico afecta algunas características de calidad de los frutos (Yahia y Pedro-Campos, 2000; Woolf y Lay-Lee, 1997), pero en el mango 'Ataulfo' no se ha evaluado el efecto de este tratamiento y se le aplica de igual manera que a los cultivares monoembrionicos (tipo 'Haden') redondos (46.1 °C/75 min), independientemente del calibre que se trate, sin tomar en cuenta que la conducción del calor es más rápida en frutos pequeños que en frutos grandes cuando se tratan con agua caliente o vapor (Wang *et al.*, 2001).

Con base en las limitantes existentes en mango 'Ataulfo' los objetivos del presente estudio fueron los siguientes.

OBJETIVOS:

- Estudiar el proceso de maduración de mango 'Ataulfo' con y sin tratamiento hidrotérmico.
- Evaluar el efecto del 1-metilciclopropeno en el proceso de maduración en mango 'Ataulfo'.
- Determinar el contenido nutrimental entre frutos con "tejido seco" y aparentemente sanos.
- Evaluar los cambios fisiológicos de calidad en los frutos de mango 'Ataulfo' después del tratamiento hidrotérmico.
- Medir el efecto del hidrofriado posterior al tratamiento hidrotérmico en mango 'Ataulfo'.
- Determinar la calidad sanitaria en frutos de mango 'Ataulfo' de exportación.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Mango

El mango (*Mangifera indica* L.) es originario de la región Indo-Birmánica, botánicamente es dicotiledonea de la familia Anacardiaceae, cuyos frutos por su morfología son clasificados como drupa y se distribuye entre 33° de latitud Sur y 36° de latitud Norte (Subramanyam *et al.*, 1975; Galán, 1999).

Los mangos han sido clasificados por el color y características sensoriales de la pulpa en Indú e Indo-Chino. La mayoría de los cultivos de la India tienen aroma fuerte, coloración intensa, fragancia atractiva, sabor característico y alto valor nutricional debido a los altos contenidos de vitamina C, β -caroteno y minerales (Sagar *et al.*, 1999).

Este fruto forma parte importante en nuestra dieta, siendo consumido en fresco, medianamente procesado y procesado (salsas, conservas, helados, aguas, jugos, encurtidos, néctar, puré, frutas deshidratadas, rebanadas azucaradas) (Campbell *et al.*, 2002; Galán, 1999). Son fuente importante en la nutrición humana, ya que contiene micronutrientes esenciales, carbohidratos, fibras, antioxidantes y vitaminas aunque con bajo contenido de proteínas y grasas (Tharanathan *et al.*, 2006). El endocarpio puede ser utilizado para alimento de ganado y el embrión para elaborar jabón y almidón (Mukherjee, 1997).

Clasificación de mangos por su origen y región de producción

Los mangos más importantes del mundo se clasifican por su origen y región de producción en cultivos de la India: 'Alphonse', 'Neelum', 'Mallika'; Cultivos de Asia: 'Kensington', 'Nam Doc Mai', 'Phimsen Mun', 'Carabao', 'Golek'; Cultivos de América Latina: 'Fairchild', 'Manila', 'Ataulfo', 'Vallenato'; Cultivos de Florida y el Caribe: 'Julie', 'Haden', 'Tommy Atkins', 'Keitt', 'Kent', 'Edward', 'Glenn', 'Cogshall', 'Madame Francis' (Campbell *et al.*, 2002).

Clasificación de mangos por su semilla

Existen dos tipos de semillas en los cultivares de mango por lo que se clasifican en dos grupos: monoembrionicos y poliembrionicos. El primer grupo es originario del Norte de la India, Florida, Israel y sur de África, necesita de la fecundación cruzada para formar el embrión. Si se les propaga por semilla originan una sola planta heterocigótica o híbrida con características diferentes a las de la planta madre, por lo que se requiere de métodos de propagación vegetativa o por injerto para conservar las buenas características de estos materiales. El segundo grupo es originario del suroeste de Asia, las semillas tienen embriones múltiples, donde solo uno es de origen cigótico o híbrido, el resto son nucelares (Campbell *et al.*, 2002; Mosqueda, 2002).

Manejo

Los frutos cosechados inmaduros, son más sensibles a bajas temperaturas y presentan mayor transpiración, sin embargo los que se cosechan con madurez avanzada, tienen menor vida postcosecha y manifiestan mayor sensibilidad a daños mecánicos y al ataque de microorganismos, por lo tanto es recomendable cosechar en madurez fisiológica (Cunha *et al.*, 2000).

Importancia en el mercado

Después del aguacate y el banano, el mango es la fruta tropical más comercializada en el mundo. Sin embargo, según cifras de la FAO (2004), solo se comercializa el tres por ciento de la producción mundial ya que los países exportadores consumen gran parte de su producción, por lo que los mercados internos representan nichos de mercado que pueden aprovecharse mejor. Las variedades de mango más vendidas en el mercado internacional son 'Kent' y 'Tommy Atkins', mientras que el mercado interno de México muestra preferencia por los cultivares 'Manila' y 'Ataulfo' (Mosqueda, 2002). No obstante en los últimos años la preferencia de los consumidores respecto al consumo del mango en fresco tiene una tendencia hacia fruta con menos fibra, más firme y de color más intenso.

México es el quinto país en área cosechada de guayaba, mango y mangostán antecedido por India, China, Tailandia e Indonesia (Cuadro 1). Sin embargo, es el

primero en cuanto a volumen de exportación y el vigesimo cuarto en volumen importado (Cuadro 2 y 3) respectivamente (FAO, 2008).

Cuadro 1. Área cosechada de guayabas, mangos y mangostanes (ha)

	2005	2006
Mundial	4084053.00	4154936.60
1. India	1710668.00	1710668.00
2. China	433600.00	434000.00
3. Tailandia	285000.00	285000.00
4. Indonesia	273440.00	285000.00
5. México	183061.00	194863.00
6. Filipinas	172413.00	179900.00
7. Nigeria	138438.00	126000.00

(FAOSTAT, 2008)

Cuadro 2. Volumen de exportación (1000 toneladas) de guayabas, mangos y mangostanes

País	2004	2005
México	212.50	195.21
India	156.22	222.62
Brasil	111.18	113.88
Pakistan	82.06	48.85
Ecuador	41.07	25.37
Filipinas	35.73	39.97
Côte d'Ivoire	11.46	10.03
China	10.33	3.51
Israel	10.26	9.81
Sudáfrica	9.92	

(FAOSTAT, 2008)

Cuadro 3. Valor de las importaciones (1000 US \$) de guayabas, mangos y mangostanes

País	2004	2005
1. Estados Unidos de América	180352.00	169116.00
2. Países Bajos	70481.00	106469.00
3. Francia	64719.00	85021.00
4. Reino Unido	43256.00	64232.00
5. Alemania	42981.00	52312.00
6. Japón	40269.00	42390.00
7. China	39257.04	22589.60
8. Portugal	22364.00	24564.00
9. España	14505.00	16412.00
10. Bélgica	12743.00	16133.00
24. México	1845.00	1845.00

(FAOSTAT, 2008)

Mango ‘Ataulfo’

El cultivo de mango (*Mangifera indica* L) cv. ‘Ataulfo’, es de gran importancia agrícola para México, debido a que es principalmente de exportación y ocupa el tercer lugar de las variedades más comercializadas (19 %), además que adquiere sobre precio con respecto a otros cultivares que compiten en el mercado (Benítez *et al.*, 2002; EMEX, 2006).

La producción del mango ‘Ataulfo’ se inició en 1966, en el predio del Sr. Ataulfo Morales Gordillo en Tapachula Chiapas. Es probable que su origen se deba a una cruce fortuita a través de polinización libre, debido a que aparecieron por primera vez en la región del Soconusco Chiapas (INIFAP, 2001). Es conocido como un cultivar de porte alto, que alcanza altura y diámetro de copa de 20 m (Vázquez *et al.*, 2005).

Es un cultivar poliembriónico, presenta poca alternancia, su árbol forma una copa esférica y abierta y ocupa la mayor superficie cultivada de mango en el estado de Chiapas. Su importancia económica se ha incrementado en los últimos años por ser de cosecha muy temprana, resistente al transporte y larga vida de anaquel (21 a 25 días a 13-15 °C). El fruto es de forma oval, alargada, base redondeada, peso promedio de 350 g, tamaño de 10.7 cm de longitud, 7.3 cm de ancho y 6.5 cm de grueso, composición de 69 % de pulpa, 19 % cáscara y 8.5 % de semilla. La pulpa representa el 71.85 % del peso del fruto, es de color naranja pálido, de consistencia firme con poca fibra, sabor dulce, baja acidez, cáscara firme de color amarillo y resistente al manejo poscosecha, contenido de sólidos solubles de 9.8 a 14 %. Su época de cosecha en Chiapas varía desde enero a junio pero el 94 % se concentra de marzo a mayo (Cuadro 4) (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, 2003; Mosqueda, 2002; INIFAP, 2001). Se le conoce también en el mercado exterior como mango champagne, y puede ser la clave de aceptación de los mangos amarillos en otros países (Campbell *et al.*, 2002).

Cuadro 4. Distribución promedio de la cosecha en el año

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
0.34%	5.69%	28.51%	39.92%	25.86%	3.67%

Calidad poscosecha y vida de anaquel de mango 'Ataulfo'

Los frutos de 'Ataulfo' se caracterizan por tener los sólidos solubles más bajos (6.9) al momento del corte, comparados con los cultivares 'Kent', 'Tommy Atkins' y 'Osteen' por mencionar un ejemplo, pero es uno de los cultivares con más vida de anaquel y tolerancia a las enfermedades poscosecha. En frutos poscosecha, los nutrimentos que se encuentran en mayor proporción son; potasio, calcio y magnesio, siendo el calcio, el mineral más importante que retrasa la maduración y senescencia de los frutos (Ferguson, 1984).

Análisis bromatológico de mango

La composición y valor nutritivo del mango se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Composición y valor nutritivo del mango

Composición	por 100 g de pulpa
Calorías	62.1-63.7
Humedad	78.9-82.8g
Proteínas	0.36-0.40g
Grasa	0.30-0.53g
Hidratos de carbono	16.20-17.18g
Fibra	0.85-1.06g
Ceniza	0.34-0.52g
Calcio	6.1-12.8mg
Fósforo	5.5-17.9mg
Hierro	0.20-0.63mg
Vitamina A	0.135-1.872mg
Tiamina	0.020-0.073mg
Riboflavina	0.025-0.068mg
Niacina	0.025-0.707mg
Ácido ascórbico	7.8-172.0mg
Metionina	3-6mg
Triptófano	32-37mg

Fuente: Morton (1987).

Factores que influyen en la calidad del fruto

Las condiciones ambientales y las prácticas culturales donde se desarrolla el fruto de mango, influyen en la maduración, calidad y vida de anaquel del fruto. Los factores de cosecha que influyen en la calidad del mango son: edáficos, climáticos, genéticos, método de propagación, portainjerto, podas, fertilización, riego y el control fitosanitario (Galán, 1999).

Las prácticas culturales como la fertilización, riego, control de plagas y enfermedades, uso de reguladores del crecimiento también determinan la calidad del fruto de un cultivar; estos factores se pueden manipular para incrementar la calidad de la fruta. Existen estudios que demuestran el efecto de estos factores en la calidad; sin embargo, no existen formulas que se puedan aplicar de manera general, es necesario definir las prácticas culturales para una región específica, de acuerdo con la composición del suelo y las condiciones climáticas (Litz, 1997). Los frutos de mango desarrollados en condiciones adecuadas de nutrición, presentan el contenido más bajo de potasio y más alto contenido de calcio (Simmons *et al.*, 1998), lo que reduce desordenes fisiológicos y hace más eficiente el almacenamiento (Léchaudel y Joas, 2006).

Los frutos de mango, mientras más tiempo permanezcan en el árbol, mayor es su contenido de materia seca, sólidos solubles totales y ácidos orgánicos (Léchaudel y Joas, 2006). Aunque el contenido de materia seca, ayuda a incrementar la calidad de consumo en fresco para el mercado local, este factor se convierte en un problema para el comercio exterior porque reduce vida de anaquel (Simmons *et al.*, 1998: Léchaudel y Joas, 2006).

Almacenamiento

El mango es vulnerable a la pérdida poscosecha debido a su alta perecibilidad natural. Los factores que afectan el almacenamiento de mango son: cultivar, estado de madurez, tamaño, método de cosecha, manejo, embalaje y modo de transporte. La vida de anaquel de mango en general no excede las 2-3 semanas y es limitada por deterioro de origen fisiológico relacionado con sobremaduración y enfermedades postcosecha (Cunha, 2000).

Desordenes fisiológicos

Wainwright y Burbage (1989) definieron a los desordenes fisiológicos como el resultado de un desequilibrio en el metabolismo, inducido por algún factor ó factores del ambiente en precosecha ó postcosecha que conduce a la muerte celular.

Existen diversos desordenes fisiológicos en mango, por mencionar un ejemplo, el “internal breakdown” el cual se ha visto tan generalizado en mango y se utiliza para representar síntomas de maduración prematura y heterogénea del mesocarpio de mango. Desordenes que aún son clasificados por los síntomas que presentan en “soft-nose”, “jelly seed”, “fitem-end-cavity” y “spongy tissue” (Raymond *et al.*, 1998).

De cada uno de los síntomas se desconoce completamente el origen, sin embargo se han visto asociados con bajo contenido de calcio (Ca) (Gunjate *et al.*, 1979), excesivo vigor de los árboles (Katrodia y Rane, 1989), temperatura alta (Katrodia y Seth, 1989), sobrecalentamiento del fruto (Katrodia *et al.*, 1989) y baja transpiración del fruto (Shivashankara y Mathai, 1999; Vasanthaiah *et al.*, 2006). En el caso de los frutos de mango ‘Alphonso’ con “tejido esponjoso” se observó menor actividad de las enzimas amilasa, glutamato deshidrogenasa, glutamato oxaloacetato transaminasa, peroxidasa y catalasa pero mayor actividad de invertasa y ácido ascórbico oxidasa (Selvaraj *et al.*, 2000). En otro contexto, Ferguson *et al.*, (1999) observaron que los factores precosecha que predisponen al fruto al desarrollo de desordenes, están relacionados con la posición del fruto en el árbol, sitio de fructificación, nutrición mineral, disponibilidad de carbohidratos, relaciones hídricas y respuesta a la temperatura. En cuanto a los factores postcosecha, relacionaron a las temperaturas y niveles de CO₂ altos durante el almacenamiento. Estos mismos autores afirmaron que el Ca es el nutrimento más asociado con los desordenes postcosecha pero depende de los factores precosecha para llegar al fruto.

El tejido esponjoso es otro ejemplo de desorden fisiológico, el cual ha sido atribuido por baja transpiración del fruto (Vasanthaiah *et al.*, 2006). Estudios bioquímicos en mango ‘Alphonso’ relacionados con el “tejido esponjoso”, mostraron que hay reducción del pH, sólidos solubles totales, ácido ascórbico, azúcares totales, azúcares reductores y no reductores, carotenoides, actividad de las enzimas amilasa e invertasas, pero se incrementa la acidez, contenido de almidón y proteínas

(Vasanthaiah *et al.*, 2006; Shivashankara *et al.*, 1999). Además, hay alta expresión de catalasa, ubiquitina y genes de keratina, los cuales indican que el “tejido esponjoso” se presenta por estrés oxidativo (Vasanthaiah *et al.*, 2006).

Daños causados por tratamiento hidrotérmico

Daños externos e internos se han observado mediante microscopía electrónica en diferentes variedades de mango, causados por vapor de aire caliente y tratamiento hidrotérmico. Se originan escaldaduras, queda expuesto el mesocarpio al romperse la cutícula y exocarpio. Las cavidades se observan aleatoriamente hasta 2 cm de profundidad en el mesocarpio. También se genera coloración café, la cual se asocia a la acción de la polifenol oxidasa (PPO) y se puede incrementar en la epidermis del mango durante la maduración (Jacobi y Wong, 1992; Jacobi y Gowanlock, 1995). Las variedades Haden y Kensington han mostrado ser más susceptibles a temperaturas de 42 a 48 °C por 30 a 90 minutos. No obstante, el mango ‘Irwin’ ha sido el más resistente.

Preenfriamiento

Este proceso es necesario para reducir la temperatura de los mangos, particularmente la acumulada en el tratamiento hidrotérmico. Después de la alta temperatura a la que son sometidos los frutos, es recomendable el hidrofriado a 21 °C por 30 min y posteriormente se pueden someter a temperaturas más bajas (Báez *et al.*, 1999). Su aplicación, facilita la conservación de la fruta a baja temperatura previa a su embarque. El aire forzado, es el método de preenfriamiento más rápido y efectivo, con el cual se puede bajar la temperatura del fruto a 20 °C en 4 a 6 horas en pallets de 120 cajas de 5.5 kg con perforaciones laterales y en tapas. Si embargo, en el caso de no disponer de aire forzado, se requiere más de 18 horas en cuartos fríos o cajas de transporte refrigerado para llevar la temperatura externa al interior del fruto (Avena, 1997).

Maduración del mango

La maduración de los frutos es un fenómeno genéticamente programado, irreversible y altamente coordinado que envuelve una serie de cambios fisiológicos,

bioquímicos y organolépticos que conducen al desarrollo de frutos blandos, comestibles y calidad deseable, iniciada por la producción autocatalítica de etileno e incremento en tasa respiratoria (Tharanathan *et al.*, 2006). La maduración fisiológica, normalmente se obtiene a los 4-5 meses después de la floración, y el proceso de maduración se completa de 6-10 días a temperatura ambiente dependiendo del cultivar (Vazquez-Salinas y Lakshminarayana, 1985).

La madurez fisiológica de los frutos de mango, ha sido correlacionada con características físicas y químicas. En las físicas está considerado el color, forma, tamaño, crecimiento de hombros y gravedad específica. En las químicas los parámetros son: sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de almidón, compuestos fenólicos y carotenoides (Tharanathan *et al.*, 2006).

El desarrollo de la maduración, se manifiesta por el incremento en respiración, degradación de clorofila, biosíntesis de carotenoides, antocianinas, aceites esenciales, componentes de sabor, incremento de actividad enzimática en pared celular y de etileno. La acidez disminuye, mientras que la concentración de sólidos solubles incrementa, debido a la transformación del almidón en azúcares durante la maduración de frutos (Selvaraj *et al.*, 1989).

El incremento del dulzor es el resultado de la gluconeogénesis, hidrólisis de polisacáridos, especialmente el almidón, decremento de acidez, acumulación de azúcares e incremento de ácidos orgánicos y el balance de azúcar/acidez (Lizada, 1993). La variación en acidez titulable, se encuentra ligada con la disminución del ácido cítrico y ganancia en concentración de ácido málico (Léchaudel *et al.*, 2005). Éste último ácido, también se encuentra relacionado con el metabolismo respiratorio, debido a que es necesario para que se realice la síntesis de piruvato, sustrato del proceso respiratorio durante el climaterio en varios frutos (Tucker y Grierson, 1987).

La maduración también está asociada con pérdida de firmeza, hidratación y cambios en el grosor de la pared celular, desorganización estructural e incremento de espacios intercelulares (Fuchs *et al.*, 1980). Inicia al final del crecimiento, donde la característica más evidente en frutos climatéricos es el incremento respiratorio y producción de etileno (Adams y Yang, 1979). En mango 'Haden', la producción del

dióxido de carbono se incrementa a los 120 días después de la antesis (Akamine y Goo, 1973).

Cuando los frutos maduran, el mesocarpio pierde firmeza y la textura se altera, la cual es un atributo de calidad que puede indicar la vida de anaquel. El debilitamiento de la textura, es el resultado de los cambios en la pared celular, debido principalmente a la modificación estructural del almidón (Waldron *et al.*, 1997). Por mencionar un ejemplo, en frutos inmaduros y maduros de mango 'Alphonso' (poliembriónico), la concentración de almidón cambia de 18 % a 0.1 %, pectina de 1.9 % a 0.5 %, celulosa de 2.0 % a 0.9 % y hemicelulosa de 0.8 % a 0.2 %, azúcares totales de 100 % a 67.8%, ácido galacturónico 18.8 % a 47.9 %, pérdida de peso 10 % e incremento del pH de 2.8 a 5.1 respectivamente (Yashoda *et al.*, 2006). En la maduración, la pérdida de firmeza es debido a la hidrólisis de carbohidratos mientras que los ácidos orgánicos se incrementan y se refleja en el sabor y aroma. También es evidente el incremento de glucosa, fructosa y sucrosa combinado con la reducción de ácido málico tres veces, ácido cítrico y succínico hasta diez veces (Medlicott y Thompson, 1985).

Etileno

El etileno conocido como la hormona de la maduración, existe en estado gaseoso, regula aspectos de crecimiento, inicia y controla la maduración y su precursor inmediato es el ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) (Adams y Yang, 1979). En mango, un volumen de 0.01- 0.02 $\mu\text{L L}^{-1}$ es suficiente para disparar el proceso de maduración (Matto *et al.*, 1975).

Color

El color de los frutos, es el resultado de la interacción de los pigmentos; antocianinas, carotenoides y clorofila (Lancaster *et al.*, 1994), esta variable es uno de los criterios más utilizados por los consumidores para determinar el grado de madurez (Medlicott *et al.*, 1992). Para la mayoría de los frutos, el primer signo de maduración es la pérdida de color verde. En mango; la clorofila, carotenos, antocianinas y xantofilas son pigmentos presentes. Sin embargo, durante la maduración, el color que se desarrolla es por la degradación de clorofila y el incremento de síntesis de carotenoides

y antocianinas (Medlicott *et al.*, 1987). El cambio de color más apreciable se observa cuando los frutos están blandos, lo cual significa que han acumulado la máxima cantidad de sólidos solubles totales (Medlicott *et al.*, 1992).

Cambio enzimático durante la maduración

La composición química de los frutos de mango, varía dependiendo la variedad, localidad de producción y estado de madurez (Tharanathan *et al.*, 2006). Los cambios de firmeza durante la maduración, son el resultado de la acción de las enzimas; poligalacturonasa, pectín metil esterasa, β -galactosidasa y celulasa, las cuales tienen acción directa en lamela media y pared celular primaria (Bartley y Kneee, 1982; Barret y González, 1994). La poligalacturonasa, pectinmetil-esterasa y galactosidasa son enzimas pectolíticas responsables de degradar la pectina (Selvaraj *et al.*, 1989)

Métodos para prolongar vida de almacenamiento

Los frutos tropicales presentan el problema de que son perecederos durante la postcosecha en condiciones ambientales. Las alternativas que se han buscado para solucionar este problema, han sido enfocados al uso de productos que inhiban la respiración y acción del etileno para retardar el proceso de maduración manteniendo la calidad de los frutos (Osuna *et al.*, 2005). El etileno es la hormona vegetal clave en el proceso de maduración de los frutos climatéricos (Wills *et al.*, 1998). Por ello, la inhibición de la producción del etileno podría retrasar la maduración y prolongar la vida postcosecha de los frutos (Wang *et al.*, 2006).

Los métodos utilizados son físicos y químicos: refrigeración, películas plásticas, encerado, presión sub-atmosférica, atmósferas controladas y atmósferas modificadas, irradiación y tratamientos térmicos (Kader, 1980). Uno de los productos químicos más utilizado en la actualidad para bloquear los sitios receptores del etileno es el 1-Metilciclopropano (1-MCP) (Sisler y Serek, 1997).

A partir del descubrimiento del 1-MCP se han realizados estudios en diversos frutos; manzana (Kang *et al.*, 2001), jitomate, aguacate (Feng *et al.*, 2000), papaya (Ergun y Huber, 2001). Este producto no es tóxico y bloquea la acción del etileno al

unirse a su receptor en la célula, lo que reduce la producción del etileno endógeno y protege del etileno exógeno por cierto tiempo (Sisler y Serek, 1997). En el caso de mango, también se han realizado aplicaciones en diferentes variedades con el propósito de retrasar y prolongar el proceso de maduración en mango 'Kensington Pride' con dosis de 250 nL L⁻¹ almacenados a 20 °C se prolongó la maduración 5 días (Hofman *et al.*, 2001). En mango 'Kent' se logró prolongar la vida de anaquel por 4 días con dosis 300 nL L⁻¹ a 23 °C (Osuna *et al.*, 2005).

Tratamientos cuarentenarios

Los tratamientos cuarentenarios que se utilizan para eliminar la mosca de la fruta en mango y otros frutos son: vapor de agua, refrigeración, atmósferas, insecticidas, irradiación y tratamientos hidrotérmicos (Burditt *et al.*, 1981; Galán, 1999; Grové *et al.*, 2004). Las especies de mosca de la fruta que infestan el mango mexicano son: *Anastrepha ludens*, *A. oblicua*, *A. serpentina* y *Ceratitís capitata* (Gutiérrez, 1989). Sin embargo, dependiendo del método y condiciones de aplicación pueden causar efectos indeseables en la calidad del fruto. Por ejemplo, en mangos 'Tommy Atkins' y 'Keitt' irradiados con 25-150 Krad, los frutos manifestaron daños de escaldadura y necrosis de la epidermis (Burditt *et al.*, 1981). A pesar de los efectos indeseables, el tratamiento más efectivo técnica y económicamente hasta el momento para el caso de mango es el tratamiento hidrotérmico (Siller, 1990; Lurie, 1998).

Tratamiento hidrotérmico

El tratamiento hidrotérmico fue originalmente usado para controlar enfermedades fungosas, pero ha sido usado para el control de insectos. En mango se ha utilizado desde 1986 (Sharp, 1986). Sin embargo, en la actualidad se aplica a diferentes frutos como tratamiento cuarentenario o método de desinfestación contra plagas y enfermedades (Jacobi y Gowanlock, 1995). Los Estados Unidos, Japón, Chile y Nueva Zelanda son los países que exigen el tratamiento hidrotérmico de mangos, como requisito indispensable para permitir la importación de la fruta a sus países (Galán, 1999).

El tratamiento hidrotérmico aprobado para mango, por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y el Servicio de Inspección para las Enfermedades de los Animales y Plantas (APHIS), consiste en la inmersión de frutos en agua a 46.1 °C durante 90 minutos. Sin embargo, puede ser modificado con base a forma y tamaño de la fruta (Avena, 1997) debiendo ser:

- 90 minutos para mangos de forma redonda de 500 a 700 g.
- 75 minutos para mangos de forma redonda menores de 500 g, y en mangos alargados de 375 y 570 g.
- 65 minutos para mangos alargados-aplanados menores o iguales 375 g.

En el caso de mango 'Ataulfo' se aplica la inmersión de 75 min a 46.1 °C, y con el objeto de reducir los efectos dañinos del tratamiento hidrotérmico se recomienda la aplicación de un hidrofriado a 21 °C durante 30 min para poder almacenarse a temperaturas inferiores. En el hidrofriado, se recomienda usar agua limpia con 150 ppm de cloro en un sistema de flujo continuo para evitar la presencia de microorganismos (Avena, 1997).

Buenas prácticas agrícolas y de manejo

Se refieren a las prácticas generales para reducir el riesgo microbiano y de plaguicidas en los alimentos. El término puede incluir tanto las "Buenas Prácticas Agrícolas (GAP's)" que se emplean en el cultivo, recolección, selección, empaque y almacenamiento, como las "Buenas Prácticas Manufactureras (GMP's)" en el contexto de los procesos de selección, empaque, almacenamiento y transportes (www.fda.gov). Estos lineamientos son de aplicación voluntaria y no constituyen imposiciones reglamentarias. Sin embargo, es indiscutible que en los próximos años se incrementen las exigencias de calidad del mercado estadounidense y demás mercados.

Cuadro 6. Estados que implementan programa de inocuidad alimentaria y productos en que se aplican

ESTADO	PRODUCTOS
Baja California Norte y Sur Guanajuato	Fresa, Cebolla, Tomate Brócoli, Espárrago, Zanahoria, ajo, Chile verde
Jalisco	Zarzamora, Mango
Michoacán	Fresa, Zarzamora, Aguacate
Morelos	Hierbas finas y aromáticas
Puebla	Brócoli
Sinaloa	Tomate
Sonora	Uvas de mesa, Espárragos, Pepino, Melón, Chile verde, Calabaza, Apio, Brócoli, Ajo

Fuente: Duana, 2001.

Inocuidad alimentaria

La inocuidad es un atributo en un alimento, consiste en la ausencia de agentes nocivos a la salud o a la integridad de las personas, los daños se clasifican en físicos, químicos o biológicos. La problemática de inocuidad alimentaria, que a nivel mundial está siendo señalada por el incremento en los brotes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) y un gran número de estas enfermedades gastrointestinales, se derivan del manejo inadecuado de las frutas y hortalizas frescas (Fernández, 2000).

Las fuentes de contaminación de los alimentos son principalmente el agua, excremento, tierra, abonos orgánicos, plaguicidas y equipo contaminado. Cuando los microorganismos encuentran condiciones favorables pueden multiplicarse y causar daño a la salud de los consumidores, especialmente en ancianos, niños menores de 5 años y enfermos de SIDA, diabetes y leucemia (Fernández, 2000).

Limpieza

La limpieza se define como todo material que se debe retirar de una superficie previo a la desinfección. En el caso de suciedad, se conceptualiza como todo aquello que se encuentra fuera de su sitio y que se considera una característica netamente cualitativa. La remoción de la suciedad depende de la solubilidad en el agua y medios ácidos o alcalinos (Fernández, 2000).

Contaminación microbiológica

Importancia de producir mangos inocuos. El mayor riesgo de la fruta de mango producida sin Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Buenas Prácticas de Manejo (BPM), Buenas Prácticas de Higiene y Sanitización (BPSH) es ser detectados como productos contaminados, porque son rechazados en los mercados; esto ocasiona pérdidas económicas graves para los diferentes participantes de la cadena y el prestigio de la huerta o empaque (FDA, 2003).

Los productos hortofrutícolas, durante los procesos de almacenamiento, manipulación y transporte, están expuestos a contaminantes biológicos, físicos y químicos. Las principales bacterias patógenas de humanos que han sido asociadas con el consumo de hortalizas y frutas frescas son: *Escherichia coli* enteroxigénica, *E. coli* enterohemorrágica, especies de *Shigella*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Campilobacter*, *Clostridium* y *Staphylococcus* (Beauchat, 1995) y virus (Norwalk, Hepatitis A y Rotavirus) (SENASICA, 2002; FDA, 2003). Dichos microorganismos se pueden encontrar en los frutos, provenientes del polvo, suelo o agua y ocasionar enfermedades al humano. En otros casos pueden ser introducidos mediante prácticas inadecuadas de manejo o durante el hidrocenfrío de los mismos (Fernández, 2000).

La recontaminación de los productos durante el proceso postcosecha puede ser la causa más importante del origen de las enfermedades. Un estudio realizado en Europa por WHO (1995) detectó que casi 25 % de las enfermedades de alimentos se da por contaminación cruzada, los factores más importantes que contribuyeron a la presencia de patógenos en comida preparada fue por falta de higiene (1.6%), contaminación cruzada (3.6%), procesamiento o almacenamiento inadecuado de cuartos (4.2%), equipo contaminado (5.7%) y contaminación por personal (9.2%).

Programa de limpieza y desinfección. Los procesos de limpieza y desinfección, se deben de seguir de manera rigurosa en los equipos, utensilios, instalaciones de almacenamiento y contenedores para disminuir los riesgos potenciales en frutales. Además, los productos hortofrutícolas no deben ser transportados en recipientes que transportaron carnes, mariscos o productos químicos para evitar contaminación cruzada (SENASICA, 2002).

Uno de los enfoques más frecuentes en inocuidad alimentaria, es la inversión económica para modificar el sistema de producción y comercialización. En el sistema comercial actual, donde es indispensable tener una certificación para participar en el comercio internacional; los frutos de mangos inocuos, la certificación y la autorización para el uso de la marca México Calidad Suprema, pueden obtener como estrategia para conservar el mercado, dar valor agregado y penetrar otros mercados. Al exportar frutos de mango inocuos que cubran los requerimientos del país comprador, estos serán competitivos, ya que podrán ser exhibidos en los mismos anaqueles con productos certificados provenientes de otros países (Frias, 2000).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se dividió en seis experimentos: **I)** Cambios en el proceso de maduración en frutos de mango 'Ataulfo' con tratamiento hidrotérmico **II)** Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) en la maduración de mango 'Ataulfo', **III)** Estudio preliminar del "tejido seco" en mango 'Ataulfo' **IV)** Calidad de mango 'Ataulfo' sometido a tratamiento hidrotérmico y sin hidrofriado **V)** Efecto del hidrofriado en la calidad de mango 'Ataulfo' y **VI)** Evaluación de calidad sanitaria en mango 'Ataulfo' de exportación. Los frutos de mango 'Ataulfo' fueron cosechados en madurez fisiológica en un huerto comercial de Chahuities, Oaxaca, México. Los frutos se dividieron en dos lotes. Uno fue sometido a tratamiento hidrotérmico (CH) (46.1 °C /75 min) en la empacadora de mangos del Istmo de la empresa MAGMAR. El otro lote no recibió tratamiento hidrotérmico (SH). Después fueron trasladados en tiempo de 12 h al Laboratorio de Fisiología Postcosecha del Programa de Fruticultura del Colegio de Postgraduados para realizar los diferentes estudios. Las variables estudiadas y tratamientos de cada experimento se describen a continuación.

Experimento I

Un total de 140 frutos con tratamiento hidrotérmico (CH) y 140 frutos sin tratamiento hidrotérmico (SH), fueron almacenados a temperatura ambiente (22 ± 2 °C y 50-60 % HR). El período entre el tratamiento hidrotérmico y el inicio de las evaluaciones fue de 24 h.

El proceso de maduración se evaluó por 11 d, realizando las evaluaciones diariamente. Las variables estudiadas fueron: intensidad respiratoria, producción de etileno, firmeza, actividad de pectin-metil esterasa (PME) y poligalacturonasa (PG), color externo e interno, sólidos solubles totales, acidez titulable (AT), ácido ascórbico (vitamina C), azúcares totales, azúcares reductores, carotenoides, pérdida de peso, relación sólidos solubles totales/acidez titulable y porcentaje de almidón. Para las variables destructivas se realizaron cuatro repeticiones, considerando un fruto por

repetición, para las variables de intensidad respiratoria y producción de etileno se consideraron cinco repeticiones y seis para pérdida de peso y color externo.

Intensidad respiratoria y producción de etileno

La concentración de CO₂ y de etileno se determinó por cromatografía de gases, de acuerdo con lo descrito por Mendoza y Báez (2000). Cada unidad experimental consistió en dos frutos colocados en una cámara de 2 L por 1 h, posteriormente, se tomó 1 mL del espacio de cabeza y se inyectó en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard (modelo 5890 Series II) equipado con detector de ionización de flama (FID) y detector de conductividad térmica (TCD). Se utilizaron como estándares concentraciones conocidas de CO₂ (500 mg L⁻¹; PRAXAIR®) y etileno (10 mg L⁻¹; INFRA®). Se realizaron cinco repeticiones por tratamiento.

Firmeza

Se determinó por punción mediante un texturómetro Chatillon modelo FDV-30 con puntal cónico de 7 mm, midiendo la fuerza necesaria para penetrar la pulpa. Esta variable se evaluó diariamente en cuatro frutos enteros en los que se eliminó 1 cm del epicarpio en lados opuestos de la parte media, realizándose dos mediciones por fruto. Los valores se reportan en Newtons (N).

Actividad Enzimática

Pectinmetilesterasa (PME). Se utilizó el método de Ranganna (1979). Se hizo reaccionar 10 g de pulpa con pectina cítrica como sustrato y por ajuste de pH a 7.5 durante 30 min se cuantificaron los grupos metoxilo, desdoblados por la enzima considerando los sólidos solubles totales (°Bx) y el peso de la muestra.

Poligalacturonasa (PG). La metodología consistió en licuar 12.5 g de pulpa con 25 mL de NaCl (16 %), la mezcla se dejó reposar a 4 °C por 48 h, posteriormente se filtró. La actividad de PG se midió con la aparición de grupos reductores mediante el reactivo de Miller (ácido 3, 5 dinitrosalisílico) para desarrollar color. La reacción se obtuvo entre la terminal reductora liberada y el ácido 3,5 DNS. En tubos se colocó por triplicado 0.1 mL del extracto enzimático y se agregó 1.9 mL de ácido poligalacturónico

(0.3 %); se dejó en baño María (37 °C/ 72 h), y se agregó 4 mL de ácido 3,5 DNS, la mezcla se agitó y se dejó en ebullición por 5 min, posteriormente, se enfrió en agua con hielo y se dejó sedimentar 12 h, finalmente, se filtró y se leyó en un espectrofotómetro a 540 nm. La actividad de PG se calculó al interpolar las lecturas con la curva tipo de ácido galacturónico (Bruner, 1964).

Color

Los cambios en color de la epidermis y pulpa de los frutos se midió con un colorímetro Hunter Lab, que reporta los valores de L, a y b. Donde representan la luminosidad, espectros verdes-rojos y azul-amarillo respectivamente. El ángulo de tono (Hue) se calculó a partir de la fórmula $Hue = \tan^{-1} \frac{b}{a}$ y el índice de saturación (Cromaticidad) con la fórmula $Chroma = \sqrt{a^2 + b^2}$ (Mc Guire, 1992).

Sólidos solubles totales (SST)

Se determinó con un refractómetro digital ATAGO- PELETTE PR-101 (0 a 32 %) siguiendo la metodología de la AOAC (1990). Cinco gramos de fruta se colocaron en un cedazo y se exprimió, colocando las gotas de jugo en el refractómetro. Los resultados se expresaron en °Brix.

Acidez titulable (AT)

Se determinó por el método volumétrico de la AOAC (1990), en 10 g de pulpa licuada en 50 mL de agua destilada. Se tomó una alícuota de 5 mL de la mezcla y se tituló con NaOH (0.1N). El resultado se expresó como porcentaje de ácido málico.

Ácido ascórbico

Se determinó con base en el método del 2,6 diclorofenol indofenol (AOAC, 1990). Para ello se tomaron 5 g de pulpa, que se homogenizaron con 50 mL de ácido oxálico (0.5 %) y se titularon con la solución de Tillman hasta que el color rosa se hizo visible. Los cálculos de ácido ascórbico se hicieron a partir de una solución estándar y se expresan en mg 100 g⁻¹.

Determinación de azúcares totales

Se pesó 1 g de pulpa de cada fruto y se mezcló con alcohol al 80 %. Posteriormente, las muestras se filtraron y se tomaron 100 µL para preparar diluciones. A continuación se tomó 1 mL, se agregó 100 µL de fenol al 80 % y 5 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄), se dejó reposar 10 min, se colocó en baño María a 30 °C por 20 min, se agitó y se leyó en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 490 nm.

Determinación de azúcares reductores

Se pesó 1 g de pulpa de cada fruto y se mezcló con alcohol al 80 %, se colocó en refrigeración hasta su procesamiento. Las muestras se filtraron con algodón, se tomó 1 mL y se evaporó en frasco de vidrio de 50 mL a 70 °C en baño maría, se agregaron 25 mL de agua destilada, se mezcló y tomó una muestra de 1 mL y se vació en tubos por triplicado, a cada tubo se agregó 1 mL de reactivo “C” Nelson y Sogmog; descrito por Gutiérrez *et al.*, (1995) se agitó la mezcla y los tubos cubiertos con papel aluminio se colocaron en una gradilla donde permanecieron 20 min; se enfriaron y se agregó 1 mL del reactivo “B”; se agitó y se ajustó a 10 mL con agua destilada. La absorbancia se leyó a 540 nm.

Determinación de carotenoides totales (Densidad óptica)

Se pesaron 0.5 g de epidermis del fruto, se agregaron 10 mL de acetona al 80 %, los frascos se refrigeraron cubiertos con papel aluminio. Después se filtraron 2 veces con algodón y se lavó con alcohol etílico, el sedimento se aforó a 10 mL y se leyó en espectrofotómetro a 450 nm de longitud de onda y se utilizó como blanco alcohol etílico al 80 % (Cruz-Crespo *et al.*, 2006).

Contenido de etanol y acetaldehído

Se aplicó el método propuesto por Davies y Chace (1969), que consistió en pesar 3 g de pulpa de cada fruto y se colocaron en viales sellados con tapa de aluminio, los cuales se almacenaron a -20 °C hasta su evaluación. Los viales se descongelaron durante 2.5 h. Cada vial se incubó en baño maría a 30 °C por 20 min, y posteriormente se tomó 1 mL del espacio de cabeza y se inyectó en un cromatógrafo

de gases (Varian Star 3400) equipado con una columna Poraplot (27.5 cm/0.32 mm) y detector con ionización de flama. Las temperaturas de medición fueron las siguientes: columna, 160 °C; inyector, 170 °C; auxiliar, 170 °C; y detector, 170 °C. Los datos se presentan en $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$.

Pérdidas de peso

Se evaluó con una balanza digital (Modelo EY-2200 A), para lo cual se consideró el peso inicial y final. Se utilizaron 6 frutos que se pesaron de forma individual durante el período de maduración. Las pérdidas de peso acumuladas se midieron en porcentaje (%) respecto al peso inicial de los frutos para cada día de evaluación.

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = \left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso inicial}} \right) * 100$$

Relación SST/AT

Es el cociente de los SST entre la acidez titulable, que indica la proporción de cada una de éstas variables en el balance dulce/ácido del fruto.

Análisis estadístico

Se aplicó un diseño completamente al azar. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y a comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Experimento II

El segundo experimento se realizó mediante la aplicación de 300 nL L⁻¹ de 1-MCP (SmartFresh® 14 % Rohm and Hass Co.) en frutos de mango 'Ataulfo', el tiempo de exposición fue de 12 h en cámaras de acrílico de acuerdo con los protocolos de la compañía. Los tratamientos fueron: a) Frutos CH; b) CH + 1-MCP 300 nL L⁻¹; c) Frutos SH; d) SH + 1-MCP 300 nL L⁻¹. Los frutos se almacenaron a 10 ± 1 °C con periodos de almacenamiento de 2, 3 y 4 semanas respectivamente con 90 % HR. Cada tratamiento se evaluó con 12 frutos por semana. La firmeza, sólidos solubles totales (SST) y acidez titulable (AT), fueron evaluadas en cuatro frutos, después de cada período de

almacenamiento (0, 3, 6 d) respectivamente, donde cada fruto correspondió a una repetición; en el caso de pérdidas de peso y color, se evaluaron con 6 frutos.

Experimento III

Se evaluó la incidencia del “tejido seco” en 68 frutos con tratamiento hidrotérmico y 68 sin tratamiento. Con la finalidad de identificar el origen del desorden fisiológico ‘tejido seco’, se analizó la concentración nutrimental en 1) cinco frutos aparentemente sanos cosechados directamente del árbol y sin hidrotérmico, 2) cinco frutos con ‘tejido seco’ y tratamiento hidrotérmico, 3) cinco frutos del calibre 14 aparentemente sanos con hidrotérmico, 4) cinco frutos del calibre 18 aparentemente sanos con hidrotérmico, y 5) cinco frutos del calibre 20 aparentemente sanos con hidrotérmico. Los frutos se analizaron en el Laboratorio de Nutrición del Programa de Fruticultura del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

El análisis mineral consistió en cuantificar los macronutrientes Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), así como los micronutrientes Magnesio (Mg), Calcio (Ca), Cobre (Cu), Hierro (Fe) y Zinc (Zn). Las muestras se deshidrataron en estufa eléctrica con aire forzado a 72 °C durante 72 h, se molieron hasta obtener polvo grueso. La concentración de Nitrógeno se determinó utilizando una modificación al método microkjeldahl descrito por Chapman y Pratt (1973), Fósforo mediante digestión húmeda, con el método del Vanadomolibdato y fotolorimetría (Fotolorímetro Spectronic 20D, de Milton Roy Company) y Potasio mediante digestión húmeda y emisión atómica (Jackson, 1964). Los micronutrientes se midieron, utilizando el espectrofotómetro de absorción atómica (Chapman y Pratt, 1973), donde para cada elemento, el equipo se calibró con soluciones estándar de concentraciones conocidas.

El método Microkjeldahl se desarrolló de la forma siguiente: Se pesó 0.1 g de pulpa de mango, se agregó 1.5 mL de la mezcla de ácidos sulfúrico-salicílico y se mezcló de tal forma que entró en contacto (se dejó reposar durante una noche), se adicionó aproximadamente 0.2 g de la mezcla de sulfatos y se calentó ligeramente por 5 min, evitando el espumeo.

La mezcla se digestó en planchas de arena a 300 °C por 6 h aproximadamente hasta que se obtuvo un extracto verde claro. Posteriormente, se agregaron 10 mL de agua destilada, se colocó en el destilador y se adicionaron 10 mL de sosa al 50 %. El destilado se captó en un matraz con 5 gotas de indicador verde bromocresol más rojo de metilo y 20 mL de ácido bórico al 4 % hasta obtener un volumen de 50 mL del destilado con una coloración azul pálido. La titulación se hizo con ácido sulfúrico (0.05 N), hasta obtener un vire del color rosado y se cuantificó el gasto. Los cálculos se hicieron con la fórmula siguiente:

$$5 N = \frac{\text{Volumen del gasto del H}_2\text{SO}_4 \times \text{Normalidad de H}_2\text{SO}_4}{X} \times 14$$

Peso de la muestra

Determinación de fósforo (P) en pulpa de mango 'Ataulfo'

El fósforo total se determinó por el método molibdato amarillo. Se pesaron 0.5 g de material seco, el cual se colocó en un matraz de digestión de 30 mL; se adicionaron 10 mL de HNO₃ concentrado más 3 mL de la mezcla ácido perclórico + ácido sulfúrico concentrados. Posteriormente se digitaron en plancha de arena a 300 °C por 5 h aproximadamente y se retiraron cuando cambiaron a color cristalino, quedando un volumen de 1.5 a 3 mL; se calentaron y se agregaron 10 mL de agua destilada. La solución se transfirió a matraces de 25 mL y se aforaron a este volumen con agua destilada; se agitaron y se filtró en frascos. Se tomó 1 mL y se colocó en matraces volumétricos de 10 mL; se agregó 1.5 mL de la mezcla vanadato de amonio y heptamolibdato de amonio, se aforó, agitó y se leyó en espectrofotómetro a 470 nm.

Los cálculos se realizaron con la ecuación siguiente:

$$\%P = \frac{\text{Absorbancia} \times \text{Volumen digestión} \times \text{volumen dilución}}{\text{Peso de la muestra y alicuota}}$$

Peso de la muestra y alicuota

Se aplicó un diseño experimental completamente al azar y los resultados se sometieron al análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Experimento IV

Fueron seleccionados 108 frutos y se dividieron en dos lotes (64 frutos por lote). Un lote fue sometido a tratamiento hidrotérmico El otro lote no recibió tratamiento hidrotérmico (SH). Los frutos tratados y no tratados se almacenaron a temperatura ambiente (20 ± 2 °C y 60 % HR) y a 10 y 13 °C (85 % HR) durante 1, 2 ó 3 semanas.

Después del periodo de almacenamiento, los frutos se colocaron a temperatura ambiente y se realizó la evaluación de las siguientes variables (a los 0, 3 y 6 d): pérdida de peso, firmeza, color externo, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), producción de etanol y acetaldehído en un fruto por unidad experimental y cuatro repeticiones. Las variables mencionadas, se evaluaron tal y como se describe en el experimento I.

Experimento V

Fueron seleccionados 258 frutos y se dividieron en dos lotes. El primer lote (129 frutos) se sometió al tratamiento hidrotérmico y posterior hidrofriado (20 °C /20 min), mientras que el segundo lote (129 frutos) no recibió tratamiento. Posteriormente los frutos se trasladaron al Laboratorio de Fisiología Postcosecha de Fruticultura del Colegio de Postgraduados, donde se dividieron y establecieron los experimentos en frío a 10 y 13 °C durante 1, 2 y 3 semanas, respectivamente con 90 % de HR y a temperatura ambiente (20 ± 2 °C y 50-60 % HR). Las evaluaciones después del almacenamiento en frío se realizaron a los cero, tres y seis días, los frutos almacenados al ambiente se evaluaron a los cero, tres, seis y nueve días. El período entre el tratamiento hidrotérmico y el inicio de las evaluaciones fue de 12 h. Las variables evaluadas fueron: pérdida de peso, firmeza, color externo, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), producción de etanol y acetaldehído. Para las variables destructivas se realizaron cuatro repeticiones, considerando un fruto por

repetición; para las variables de pérdida de peso y color se evaluaron 6 frutos. Las variables mencionadas, se evaluaron tal como se describe en el experimento I.

Experimento VI

La toma de muestras (frutos de mango y agua de proceso) para el análisis microbiológico, se colectaron de una empacadora de mangos del Istmo, denominada MAGMAR, ubicada en Chahuities, Oaxaca, México. El muestreo se hizo en dos fechas; 17 de mayo de 2005 y 13 de marzo de 2006. Se colectaron 16 muestras de frutos y 2 de agua en cada momento de muestreo. El muestreo de frutos se realizó en cuatro puntos del proceso de empaque; 1) Etapa de recepción, 2) Después del lavado, 3) Posterior al tratamiento hidrotérmico y 4) Frutos empacados. En cada punto se tomaron cuatro muestras espaciadas por 2 horas y cada una estuvo compuesta de cuatro frutos tomados al azar. Una muestra de agua se tomó del pozo de abastecimiento y la segunda se tomó en la tina de lavado, después de una jornada de trabajo.

Los frutos y agua fueron colocados asépticamente en bolsas de polietileno y frascos respectivamente, se trasladaron en hieleras al Laboratorio de Microbiología del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo, para realizar el análisis microbiológico.

Homogenización y procesamiento de muestras

La dilución de muestras se realizó según el método propuesto en la Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994 (SS, 1994a). En un vaso estéril de licuadora se homogeneizaron 25 g de muestra y 225 mL de solución peptonada (Difco®) al 1 % durante 1 a 2 min. Este homogeneizado (dilución 1×10^{-1}) se utilizó para hacer diluciones seriales desde 1×10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} .

Cuenta total de bacterias mesófilas aeróbicas (BMA)

La determinación de BMA se realizó según el método descrito en la Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994 (SS, 1994b). Para la cuenta de bacterias aerobias en placa, se prepararon cajas petri con medio de agar para cuenta estándar

(BD BIOXON®). De cada dilución se adicionó 1 mL del inóculo en cada placa y se incubaron a 37 °C por 24 h, después de este tiempo, se calculó el número de Unidades Formadoras de Colonias (UFC g⁻¹). De acuerdo a la siguiente fórmula:

$$BMA = \frac{\sum \text{Colonias en cajas}}{\text{No decajas}} * \text{dilución}$$

Determinación de coliformes totales por el número más probable (NMP)

La determinación de bacterias coliformes totales (BCT) se realizó según la Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994 (SS, 1994c). En la etapa presuntiva, se transfirió 1 mL de cada una de las diluciones (10⁻¹, 10⁻² y 10⁻³) a una serie de 3 tubos con 10 mL de Caldo Lauril Sulfato Triptosa (CLST) (Bioxon®). La incubación se realizó a 37 °C por 48 h. Los tubos que presentaron gas en las campanas Durham se consideraron positivos en la etapa presuntiva. Para la etapa de confirmación, se prepararon tubos con caldo verde brillante (DIFCO®), que fueron inoculados con asa bacteriológica a partir de los tubos positivos (presencia de gas) de la fase presuntiva y se incubaron a 37 °C durante 48 h. Se registraron los tubos con presencia de gas en la campana de Durham y se determinó el NMP en tablas (Refai, 1981).

Determinación de coliformes fecales

Para cuantificar bacterias coliformes fecales, se utilizó caldo E C en tubos (BBL®), que se inocularon a partir de los tubos positivos de la fase de presunción. Los cultivos se incubaron a 44.5 °C por 48 h en baño maría con agitación. Se registraron los tubos con presencia de gas en las campanas Durham (Tubos positivos) y se calculó el número de coliformes fecales en las tablas de NMP (Refai, 1981).

Detección de *Salmonella*

La prueba se determinó mediante la técnica propuesta por Anderson y Calderón (2000). Que consistió en homogeneizar en un vaso estéril de licuadora 25 g de la muestra y 225 mL de caldo lactosado (Difco®). En la prueba de preenriquecimiento, se inocularon 10 mL de la muestra madre en 100 mL de caldo lactosado y se incubaron a 37 °C por 48 h. La etapa de enriquecimiento consistió en preparar series de 2 tubos

con 10 mL de caldo tetracionato (BIOXON[®]) y se transfirió 1 mL del inóculo resultante en la etapa anterior y se incubaron a 37 °C por 48 h. El aislamiento de la bacteria se realizó sembrando en medio de agar sulfito de bismuto (ASB) (Merk[®]), Agar verde brillante (AVB, BIOXON) y en agar cromogénico, específico para *Salmonella* (Chrom-agar, Difco[®]). Los cultivos se incubaron a 37 °C de 24-48 h. Las colonias gram negativas y que desarrollaron color café y gris con brillo metálico en el medio ASB, fueron consideradas como sospechosas de *Salmonella*. Posteriormente, se verificó su pureza en agar nutritivo y se transfirieron en placas con medio CHROM agar. En éste medio, las bacterias que desarrollaron color guinda ligero, fueron consideradas como positivas a *Salmonella*.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EXPERIMENTO I:

CAMBIOS EN EL PROCESO DE MADURACIÓN EN FRUTOS DE MANGO 'ATAULFO' CON TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO

Intensidad respiratoria y producción de etileno

La intensidad respiratoria en frutos de mango 'Ataulfo' CH superó en más del 50% a la de los frutos SH durante los primeros cuatro días de almacenamiento; el máximo climatérico en los frutos CH se presentó al quinto día con $62.3 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ y al sexto día en frutos SH con $68.4 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Figura 1 a, Apéndice 1). Lo que significa que los frutos CH empiezan senescencia acelerada a partir del quinto día, ya que se reduce su tasa respiratoria drásticamente, mientras que en los frutos SH su tasa respiratoria baja lentamente y por consecuencia la entrada en senescencia se retrasa. El tratamiento hidrotérmico acelera el proceso respiratorio como se mostró en mango 'Kent', donde el pico respiratorio se presentó dos días antes que los frutos sin tratamiento hidrotérmico con valores de $62.7 \text{ mL de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Zamora *et al.*, 2004). Siendo la intensidad respiratoria un indicador de la actividad metabólica del tejido, la cual se incrementa con tratamientos térmicos y determina en parte la vida de anaquel de los frutos (Wills *et al.*, 1998).

Por otro lado, la producción de etileno fue mayor en frutos SH con dos picos máximos al 3 y 6 d. Los frutos CH no mostraron un pico máximo visible durante los 11 d de almacenamiento (Figura 1 b, Apéndice 1), lo que muestra una posible inhibición en la producción de esta hormona vegetal. Al respecto Yu *et al.*, (1980) detectaron que la conversión de ACC a C_2H_4 es altamente susceptible a temperaturas superiores a 36°C , asimismo, se ha mostrado que en mango 'Nam Dokmai' la actividad de ACC oxidasa se redujo en 75% al someter los frutos a temperaturas mayores de 40°C (Ketsa *et al.*, 1999).

Firmeza

El tratamiento hidrotérmico afectó significativamente la firmeza de los frutos y se observó la caída drásticamente a partir del segundo día después del tratamiento, ya que al inicio de la evaluación la firmeza era de 17.3 y 20.2 N en frutos CH y SH, se redujo hasta 2.8 y 4.1 N al quinto y sexto día, respectivamente (Figura 1 c, Apéndice 1), siendo los frutos SH 30 % mas firmes que los frutos CH, sin embargo a partir del sexto día las pérdidas en firmeza presentaron un comportamiento similar entre ambos tratamientos. En mangos 'Kensington' con tratamiento hidrotérmico mostraron menor firmeza (8.64 N) que los frutos sin tratamiento (11.26 N) (Jacobi *et al.*, 2001). El tratamiento térmico adelanta la pérdida de firmeza en diversos frutos como papaya (Hayes *et al.*, 1984), pera (Maxie *et al.*, 1974), aguacate (Eaks, 1978) y tomate (Biggs *et al.*, 1988).

Actividad enzimática

La actividad de la PME en ambos tratamientos tuvo un máximo al segundo día después del tratamiento hidrotérmico, siendo superior en los frutos SH durante el 2 y 3 d, mientras que para el 4 d se mostró un incremento súbito en los frutos CH, no obstante, la actividad fue similar en ambos tratamientos a partir del 7 d. Se conoce que el incremento en la actividad de la PME durante las primeras etapas de la maduración, es esencial para preparar el ácido péctico (a través de la demetilación de las pectinas) como sustrato para la PG, lo cual se observó en los frutos de mango 'Ataulfo' (Yashoda *et al.*, 2007) (Figura 1 d, Apéndice 1). En este sentido, la actividad de la PG incrementó de forma consistente durante todo el proceso de maduración; la síntesis de esta enzima coincide con la pérdida de firmeza a partir del 2 y 3 d, no mostrando diferencias significativas entre tratamientos, con excepción a los 7 d, en donde los frutos SH mostraron 80 % mayor actividad que los frutos CH (Figura 1 e, Apéndice 1). Resultados similares se encontraron en mango africano (*Irvingia gabonensis*) después de 10 d almacenamiento, donde se observó que mientras se incrementaba la actividad de la PG, se reducía la firmeza (Aina y Oladunjoye, 1993).

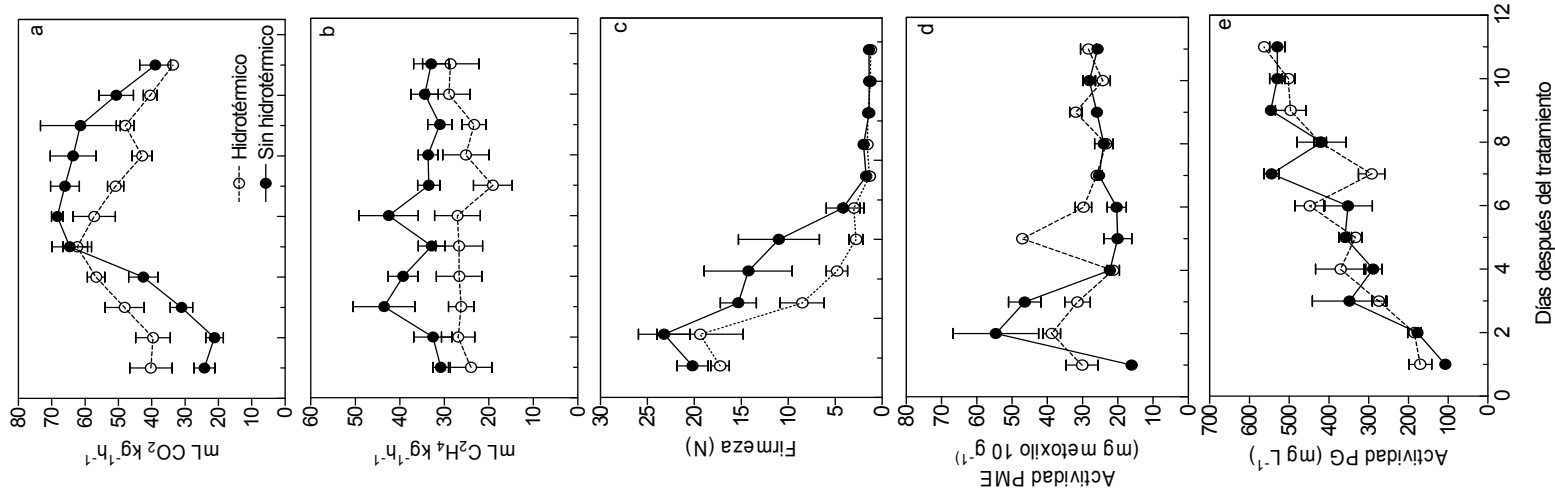


Figura 1. Efecto del tratamiento hidrotérmico en la respiración (a), producción de etileno (b), firmeza (c), actividad de pectin metil esterasa (PME) (d) y poligalacturonasa (PG) (e) en el proceso de maduración de frutos de mango 'Ataulfo'.

Color

En mango 'Ataulfo' el color de la epidermis de los frutos varió de verde al amarillo durante los 11 días, valor que se registró con el ángulo de tono Hue (color) y que cambió de 100 a 72° y de 111 a 74° en frutos CH y SH, respectivamente (Cuadro 7). Se observó que el color externo de los frutos CH cambió a 89.1° al 5 d, mientras que en los frutos SH a 85.9° se presentó hasta el 8 d. Después de ese día, ambos tratamientos no presentaron diferencias significativas (Cuadro 7 y Figura 2). El cambio de color de verde a amarillo en la epidermis es el resultado de la degradación de clorofila y síntesis de carotenoides (principalmente β -caroteno) (Medlicott *et al.*, 1987). Cuando los frutos mostraron el ángulo Hue entre 70 y 80° indicó que las características organolépticas de consumo eran óptimas. La intensidad de color (chroma) no mostró diferencias entre tratamientos en la epidermis y pulpa, al igual que el ángulo de color en la pulpa (Apéndice, 1).

Sólidos solubles totales y acidez titulable

El contenido de sólidos solubles totales en el primer día de almacenamiento fue de 10.75 y 8.03 °Brix en frutos CH y SH, respectivamente. Conforme los frutos maduraron mostraron incremento hasta los 21.3 °Bx en frutos SH y 19.2 en frutos CH a los 11 d (Cuadro 7). Se determinó que los frutos mostraron mejores características de consumo cuando tuvieron entre 15 -17 °Brix. Los resultados concuerdan con los obtenidos en mango 'Kensington', donde se encontró que 15.3 °Brix es el mejor indicador de la madurez de consumo (Jacobi *et al.*, 2001). Por otro lado, se observó que en los primeros días después del tratamiento los frutos CH mostraron contenidos de SST superiores, pero sin diferencias significativas entre tratamientos. Puesto que los frutos sometidos a tratamiento hidrotérmico experimentaron estrés por altas temperaturas, en consecuencia, es razonable pensar que metabolizaron sus reservas con mayor rapidez, lo anterior se observa en el cuadro 7, cuando al final del periodo de evaluación el contenido de azúcares (totales y reductores) fue menor en los frutos CH (Lakshminarayana, 1980).

Con respecto a la acidez, valores iniciales de 3.02 y 2.70 % disminuyeron hasta 0.18 y 0.24 % a los 11 d en los frutos CH y SH, respectivamente, sin presentar diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 7). Los valores de ácido málico en mango son muy variables entre variedades, por ejemplo, en mango 'Haden' incrementa durante la maduración (Dubery *et al.*, 1984), pero en mango 'Alphonso' disminuye (Parikh *et al.*, 1990) lo mismo sucede en mango 'Ataulfo'.



Figura 2. Efecto del tratamiento hidrotérmico en el cambio visual de color durante 11 días después de iniciado el proceso de maduración de mango 'Ataulfo' a temperatura ambiente ($20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$)

Relación sólidos solubles totales/acidez titulable

En cuanto a la relación de sólidos solubles totales y acidez titulable se inicia con 3.0 y 3.7 en el día uno hasta llegar a registrar valores de 116.1 y 113.2 en el día 11 en frutos SH y CH respectivamente, el incremento en la relación fue muy elevado pero en ningún día se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, en esta investigación se determinó que el momento de consumo de mango 'Ataulfo' se encuentra cuando se tiene una relación de °Brix/acidez alrededor de 30 (Cuadro 7).

Azúcares totales, azúcares reductores y almidón

En términos generales, los porcentajes de azúcares totales se incrementaron durante el proceso de maduración y la concentración más alta en frutos SH y CH, coincidió al 6 y 7 d respectivamente cuando se registró la concentración más baja de almidón (2.2 % y 2.8 %, respectivamente) (Cuadro 7). El incremento de los azúcares totales como glucosa, fructosa y sucrosa fue el resultado de la hidrólisis de almidón y los valores más altos fueron observados en mango 'Carabao' con 20 % (Selvaraj *et al.*, 1989; Peacock y Brown, 1984).

Los azúcares reductores no mostraron variación y no se presentaron diferencias significativas, siendo estadísticamente iguales entre tratamientos y días de almacenamiento. Sin embargo, se observó un incremento en el 5 y 7 d para los frutos SH y CH respectivamente de 12.2 y 14.57 % de azúcares totales, que de acuerdo con Selvaraj *et al.*, (1989) se debe a incremento en el contenido de sacarosa durante la etapa óptima de consumo.

El contenido de almidón para el día 7 entre tratamientos fue estadísticamente diferente, en donde la alta temperatura a la que fueron sometidos los frutos CH, incrementó la hidrólisis de almidón y consecuente utilización de la glucosa en el proceso respiratorio (Lizada, 1993; Fuchs *et al.*, 1980) ya que como se muestra en el cuadro 7, estos frutos tuvieron menor acumulación de azúcares.

Cuadro 7. Cambios en color (Hue), ácido málico, sólidos solubles totales, azúcares totales, azúcares reductores, almidón, Relación sólidos solubles totales/Acidez titulable y Vitamina C durante el proceso de maduración de frutos de mango 'Ataulfo' con (CH) y sin (SH) almacenados a temperatura ambiente (22 ± 2 °C).

Variables	Trat	Días de evaluación										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hue externo	CH	100.62a	103.37a	100.05ab	97.78ab	89.16bc	80.82cd	77.88cd	74.83d	75.27d	71.63d	72.33d
	SH	111.16a	109.94 a	107.85 a	106.56 a	103.08ab	98.95abc	93.06abcd	85.93bcde	81.06cde	75.29de	74.68e
Acido málico (%)	CH	3.02 a	2.94 a	2.23ab	2.04ab	1.33bc	1.35bc	0.65cd	0.78cd	0.47cd	0.35cd	0.18d
	SH	2.70 a	1.86abc	2.29ab	1.69bc	2.31ab	1.47bcd	1.10cde	0.59de	0.67de	0.37e	0.24e
Sólidos solubles totales (°Bx)	CH	10.75d	12.35cd	13.85bcd	15.88abc	15.73abc	15.35abc	18.15 a	15.70abc	17.80ab	19.28 a	19.15 a
	SH	8.03e	10.28de	10.70de	14.20bcd	13.28cd	17.20abc	18.13ab	19.05 a	18.58ab	19.58 a	21.33 a
Azúcares totales (%)	CH	6.83b	11.17ab	6.43b	8.59ab	9.11ab	9.11ab	14.57 a	12.51ab	8.90ab	11.07ab	9.62ab
	SH	7.11 a	9.73 a	7.46 a	7.15 a	12.20 a	12.51 a	10.45 a	11.68 a	9.52 a	12.51 a	12.72 a
Azúcares reductores (%)	CH	6.80 a	6.42 a	5.67 a	6.04 a	4.47 a	5.99 a	4.52 a	7.70 a	5.89 a	4.48 a	5.84 a
	SH	7.93 a	6.61abc	6.30abc	4.47bc	4.38bc	5.54abc	4.22 c	5.64abc	5.21abc	4.43bc	7.38ab
Almidón (%)	CH	5.21 a	4.88ab	3.91ab	3.16ab	2.51b	3.52ab	2.81ab	3.10ab	2.91ab	3.77ab	3.50ab
	SH	5.84ab	6.05ab	3.75abc	5.12abc	3.00bc	2.29c	6.49 a	6.03ab	3.93abc	6.61 a	6.34 a
RSST/AT	CH	3.68d	4.38d	6.27d	8.36d	14.07d	12.43d	32.50bcd	32.86bcd	38.57bcd	59.78b	113.15a
	SH	2.99d	5.61d	4.76d	9.28d	6.77d	18.03cd	17.12cd	35.56bcd	30.66bcd	55.87bc	116.12a
VIT C (mg 100 ⁻¹ g)	CH	17.43ab	17.94ab	14.89ab	22.00 a	17.43ab	13.87ab	10.83b	11.84ab	17.94ab	12.86ab	15.40ab
	SH	16.92ab	16.41ab	15.40ab	19.46ab	18.44ab	14.89ab	11.84ab	15.40ab	20.98ab	13.37ab	13.37ab

Letras diferentes en la misma hilera y en la misma variable son estadísticamente diferentes (Tukey $\alpha \leq 0.05\%$), (n= 4, excepto Hue n=6) RSST/AT = Relación sólidos solubles totales/Acidez titulable; CH = Tratamiento hidrotérmico; SH = sin tratamiento hidrotérmico.

Pérdida de peso

La pérdida de peso fue gradual en frutos CH y SH con pérdidas de 11.5 y 9.1 % respectivamente al 11 d (Figura 3, Apéndice 1). Lo que muestra que la alta temperatura promueve mayor actividad metabólica, que se refleja en el incremento de la intensidad respiratoria y mayor transpiración a través de la cantidad de lenticelas presentes en el fruto (Mitra y Baldwin, 1997). Los tratamientos fueron estadísticamente diferentes a partir del día 7 de almacenamiento, momento en que los frutos perdieron más del 5 % del peso. Al respecto, Wills *et al* (1998) reportaron que cuando los frutos pierden peso en porcentajes similares, manifiestan marchitez y pérdidas económicas significativas. Sin embargo, mango 'Ataulfo' manifestaron marchitez hasta el día 11.

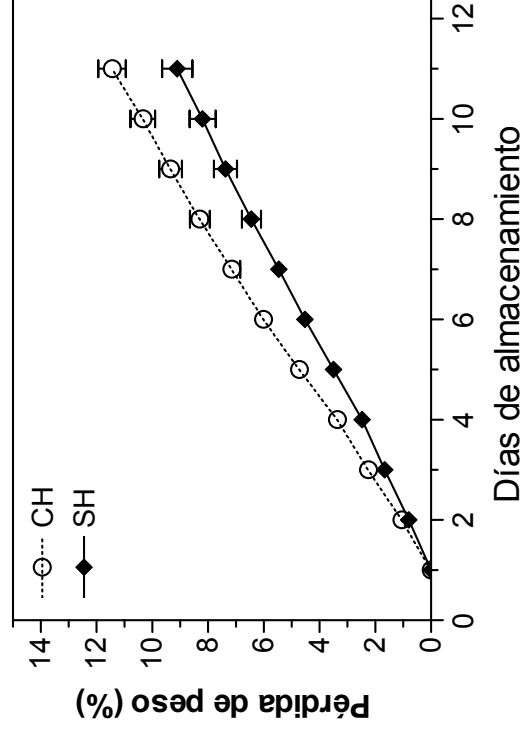


Figura 3. Pérdida de peso (%) en frutos de mango 'Ataulfo' con tratamiento hidrotérmico (CH) y sin tratamiento hidrotérmico (SH), almacenados a temperatura ambiente durante 11 días.

Carotenoides totales

La mayor concentración de carotenoides se observó a partir del día 7 y 8 en frutos CH y SH respectivamente (Figura 4). Lo que significa, que la temperatura del hidrotérmico aceleró la degradación de clorofila e incrementó la síntesis de carotenoides por un día, sin embargo a lo largo del período de evaluación no se presentaron diferencias claras entre ambos tratamientos. Resultados similares se encontraron en mango 'Alphonso' donde se expusieron los frutos en agua caliente a 53 °C por 5 minutos y se incrementó la síntesis de carotenoides hasta 7 % (Subramanyam y Sebastián, 1979). En otro contexto, Chen *et al.*, (2004) reportaron que el calor tiene efecto en el contenido de carotenoides en los mangos, ya que los frutos producidos en el verano presentan mayor contenido de carotenoides.

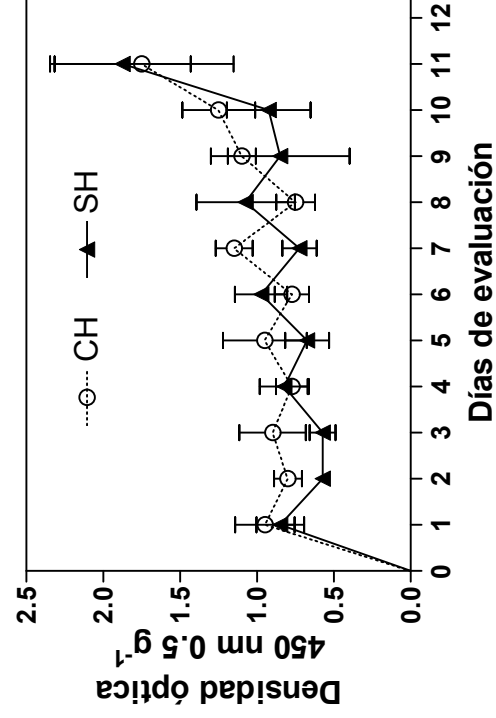


Figura 4. Contenido de carotenoides (D.O) en epidermis de frutos de mango 'Ataulfo' con tratamiento hidrotérmico (CH) y sin tratamiento hidrotérmico (SH).

EXPERIMENTO II

EFFECTO DEL 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP) EN LA MADURACIÓN DE MANGO 'ATAULFO',

Firmeza

La firmeza de los frutos a la salida del almacenamiento refrigerado fue para los frutos SH (12.7 N), frutos SH +1-MCP (16.0 N), frutos CH (4.1 N) y frutos CH +1-MCP (7.2 N). Con estos resultados se observó que los frutos tratados con 300 nL L^{-1} de 1-MCP son ligeramente más firmes que los frutos sin tratar con 1-MCP al salir del almacenamiento, pero el análisis estadístico solo mostró diferencias significativas en frutos CH. Al ver este comportamiento, se puede deducir que 1-MCP no tiene efecto en mantener la firmeza de frutos de mango 'Ataulfo', debido a que al día 3 de evaluación después del almacenamiento, la firmeza se muestra prácticamente igual entre los cuatro tratamientos (Figura 5). Por lo anterior el mango 'Ataulfo' no tiene respuesta al 1-MCP en la dosis utilizada, o que la dosis, momento de aplicación y tiempo de exposición quizá no fue el adecuado para esta variedad. Resultados similares se encontraron en mango 'Kensington Pride', 'Rosa', 'Espada' y 'Jasmin' almacenados a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, donde no mostraron respuesta de 300 a 900 nL L^{-1} (Hofman *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2004), lo cual puede significar que a estas concentraciones de 1-MCP se alcanza el punto de saturación (Blankenship y Dole, 2003). Por otra parte, los resultados obtenidos difieren con los reportados en mango 'Kensington Pride' donde la aplicación de 1-MCP prolongó hasta 5 d la vida postcosecha en dosis de 250 nL L^{-1} (Hofman *et al.*, 2001) y por 4 d en mango 'Guifei' con $1 \text{ } \mu\text{L L}^{-1}$ y 6 h de exposición (Wang *et al.*, 2006); lo mismo se reportó en mango 'Kent', donde la mejor dosis fue de 300 nL L^{-1} y prolongó la vida de anaquel por 4 d al retrasar la pérdida de firmeza (Osuna *et al.*, 2005).

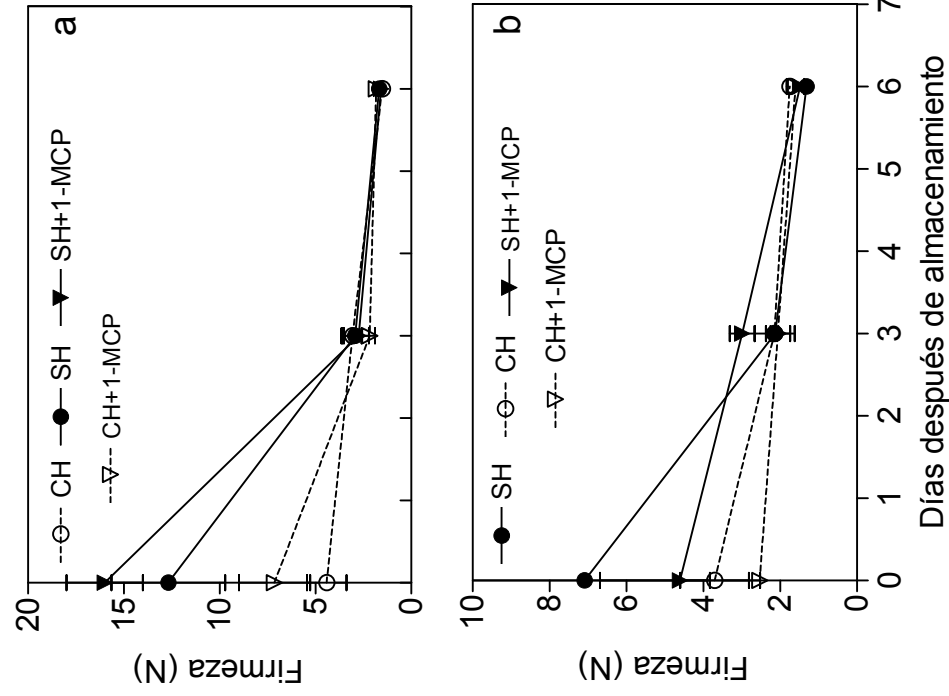


Figura 5. Cambios en la firmeza (N) a las dos (a) y tres (b) semanas de almacenamiento a 10 °C en frutos de mango ‘Ataulfo’ sometidos a diferentes tratamientos; SH= sin hidrotérmico, CH= con tratamiento hidrotérmico, SH+1-MCP= sin tratamiento hidrotérmico y 1- metilciclopropeno (1-MCP), CH= con hidrotérmico y 1-MCP.

Pérdida de peso

Los resultados muestran que la mayor pérdida de peso se registró en frutos CH al día 6 después del almacenamiento (17.0 %), seguido del tratamiento CH +1-MCP (16.6 %), SH y SH+1-MCP (14.4 %). Con estos resultados es obvio que el 1-MCP no retrasa ni mejora la calidad de mango ‘Ataulfo’ y que el ligero efecto que se observa al

momento de salida de refrigeración se debe más al frío y a la falta de termoterapia (Figura 6).

En el caso de los sólidos solubles totales, color (Hue y Cromo) y contenido de ácido málico, tampoco mostraron diferencias significativas, más bien mantuvieron un comportamiento normal de maduración. Por lo tanto, con estas variables se determinó, que no hay efecto del 1-MCP en mango 'Ataulfo' con la dosis utilizada en retrasar la maduración y por ende en prolongar la vida postcosecha (Cuadro 8).

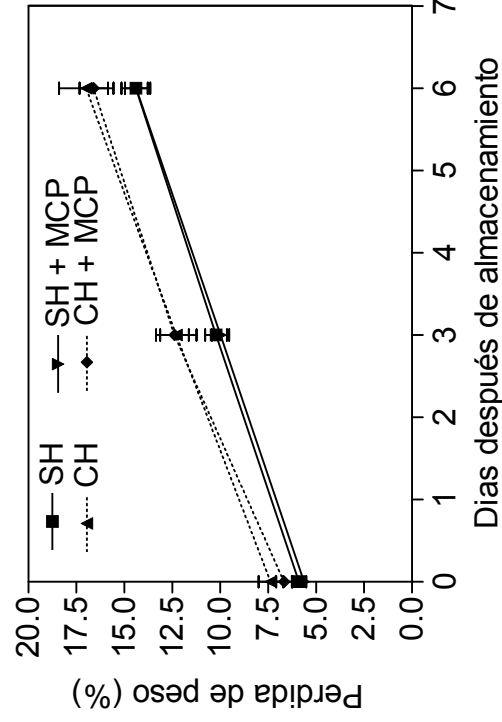


Figura 6. Pérdida de peso (%) en frutos de mango 'Ataulfo' almacenados a 10 °C después de dos semanas de almacenamiento, previamente sometidos a diferentes tratamientos; SH= frutos sin hidrotérmico, CH= frutos con hidrotérmico, SH+1-MCP= frutos sin hidrotérmico y 1-MCP, CH= frutos con hidrotérmico y 1-MCP.

Cuadro 8. Respuesta de variables de calidad al tratamiento hidrotérmico y aplicación de 1-MCP en frutos de mango 'Ataulfo' almacenados a 10 °C durante 2, 3 y 4 semanas a los días 0, 3 y 6 después del almacenamiento.

DÍA 0							
Almacenamiento (semanas)	Tratamiento	°H	C	F (N)	PP (%)	SST (°Brix)	AM (%)
2	SH	105.37ab	30.84ab	12.70ab	4.49b	13.73bc	4.63 a
	CH	95.08bcd	31.84ab	4.43bc	4.48b	14.60abc	3.92 a
	SH+MCP	108.92 a	28.86b	16.02 a	4.27b	12.53c	4.41 a
	CH+MCP	97.65bc	30.41ab	7.15abc	3.90b	13.83bc	3.35ab
3	SH	91.14cd	17.21c	7.10abc	5.90ab	15.03abc	2.02bc
	CH	87.00cd	17.83c	3.72c	7.37 a	17.43 a	1.08c
	SH+MCP	91.59cd	18.76c	4.62bc	5.65ab	15.85ab	1.71c
	CH+MCP	85.19d	18.45c	2.54c	6.67 a	17.18 a	0.94c
4	SH+MCP	89.25cd	28.89b	3.03c	7.13 a	16.28ab	1.49c
	CH+MCP	88.27cd	32.52 a	2.62c	6.79 a	15.95ab	1.51c
DÍA 3							
2	SH	89.04 a	30.98b	2.95 a	8.04c	16.05 a	3.02 a
	CH	81.02 a	32.55ab	3.08 a	8.31bc	17.03 a	2.74ab
	SH+MCP	88.37 a	31.42ab	2.76 a	8.11c	16.70 a	2.31abc
	CH+MCP	84.76 a	30.72b	2.18 a	8.03c	16.30 a	1.88bcd
3	SH	83.44 a	34.77 a	2.14 a	10.22abc	17.75 a	1.37cd
	CH	82.16 a	34.01ab	2.16 a	12.30 a	16.90 a	1.25d
	SH+MCP	82.30 a	32.43ab	3.00 a	9.99abc	16.65 a	1.45cd
	CH+MCP	81.20 a	34.61 a	2.06 a	12.39 a	16.70 a	1.06d
4	SH+MCP	80.17 a	33.43ab	1.82 a	11.40ab	16.83 a	0.84d
	CH+MCP	79.90 a	33.90ab	1.81 a	11.46ab	16.48 a	1.02d
DÍA 6							
2	SH	80.79 a	30.52ab	1.69 a	11.81b	15.15 a	0.53 a
	CH	76.49 a	33.37 a	1.54 a	12.37b	16.00 a	0.63 a
	SH+MCP	78.36 a	31.65ab	1.59 a	12.03b	17.20 a	0.73 a
	CH+MCP	80.80 a	30.25ab	1.85 a	12.66b	15.85 a	0.51 a
3	SH	78.64 a	31.96 a	1.33 a	14.41ab	16.13 a	0.86 a
	CH	77.88 a	30.85ab	1.76 a	16.99 a	16.50 a	0.78 a
	SH+MCP	78.75 a	28.11b	1.50 a	14.39ab	16.70 a	0.49 a
	CH+MCP	79.48 a	31.06ab	1.62 a	16.61 a	14.78 a	0.63 a

*Letras diferentes en la misma columna y entre tratamientos a las 2, 3 y 4 semanas, son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$), (n= 4, excepto Hue y PP n=6); SH= Sin tratamiento hidrotérmico; CH = con tratamiento hidrotérmico, MCP = 1-metil ciclopropeno; °H = ángulo de tono; C = cromaticidad; F = Firmeza; PP = pérdida de peso; SST = sólidos solubles totales; AM = ácido málico.

EXPERIMENTO III

ESTUDIO PRELIMINAR DEL “TEJIDO SECO” EN MANGO ‘ATAULFO’

Los resultados muestran que el desorden fisiológico denominado “tejido seco” se encontró que el desorden se manifestó tanto en frutos con y sin tratamiento hidrotérmico (Cuadro 9), por lo que podemos suponer que el tratamiento hidrotérmico no causa este desorden. Sin embargo, hubo mayor incidencia en los frutos con hidrotérmico, lo que significa que el calor está potencializando el desorden. Por otra parte, el “tejido seco” se ha manifestado en mayor porcentaje a principios de temporada de exportación (Cuadro 9), por lo que es probable que su origen se deba a factores ambientales durante el desarrollo del fruto. Dicho desorden es similar al “tejido esponjoso”, el cual está claramente asociado con altas temperaturas, humedad relativa, respiración y baja transpiración que causan estrés en el fruto durante su maduración que provocan el rompimiento del tejido y afectan la maduración normal del fruto (Shivashankara y Mathai, 1999). Otro estudio reportó que el clima es el factor principal en el adelanto o retraso de la maduración, pero puede ir acompañado de mayor incidencia de ‘flesh breakdown’; sin embargo, no se ha determinado si la fruta temprana, intermedia o tardía es más susceptible al desorden fisiológico (Wainwright y Burbage, 1989).

En frutos ‘Tommy Atkins’ se ha observado que los frutos con “tejido esponjoso” almacenados a temperatura de 12 ± 2 °C y HR de 85 % por 28 días, la actividad de amilasa disminuyó el contenido de azúcares reductores y no reductores en comparación con los frutos sanos (Oliveira *et al.*, 2001).

Cuadro 9. Porcentaje de frutos con “tejido seco” (TS) y “sin tejido seco” (STS) en mango ‘Ataulfo’ con y sin tratamiento hidrotérmico en dos fechas de evaluación.

Fecha de evaluación	Tratamientos	Futos TS	Frutos STS	Total frutos	Tejido seco (%)
13 de marzo 2006	CH	35	33	68	51.47
	SH	6	62	68	8.82
30 de abril del 2006	CH	8	52	60	13.3
	SH	2	58	60	3.3

CH = tratamiento hidrotérmico; SH = sin tratamiento hidrotérmico; TS= tejido seco; STS = sin tejido seco

Por otra parte, el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y zinc en pulpa de mango 'Ataulfo' no presentaron diferencias significativas entre los frutos enfermos y aparentemente sanos, por lo que el contenido de estos elementos en el fruto no se puede relacionar con la incidencia de la enfermedad (Cuadro 10). No se presentan los datos para cobre debido a que no se detectó su presencia en los frutos. Por lo tanto, dichos resultados encontrados difieren de los reportados por Gunjate *et al.*, (1979) en "spongy tissue", Burdon *et al.*, (1991) en "soft-nose" y Wainwright y Burbage, (1989) en "internal flesh breakdown" donde han relacionado a dichos desordenes fisiológicos con la deficiencia de calcio.

En el Cuadro 10, se observa que el contenido de N, P, K, Ca, Mg y Zn de los frutos de calibre 14, 18 y 20 solo presenta diferencias significativas en el contenido de nitrógeno para cada calibre, que se relaciona en forma inversa con el tamaño del fruto.

El contenido de nitrógeno en pulpa de mango 'Ataulfo' osciló entre 4 y 16%, dichos resultados difieren de 4 a 16 veces más que las concentraciones reportadas en hojas de la misma variedad; fósforo entre 5 y 15 veces, potasio una vez y calcio hasta 10 veces (Vázquez *et al.*, 2005).

Cuadro 10. Contenido nutrimental en pulpa de mango 'Ataulfo' con y sin "tejido seco

Tratamiento	Nitrógeno (%)	Fósforo (mg g ⁻¹)	Potasio (mg g ⁻¹)	Calcio (mg g ⁻¹)	Magnesio (mg g ⁻¹)	Zinc (mg g ⁻¹)
Fruto STS	4.3 d	3.8 a	2.5 a	1.4 a	1.8 a	1.1 a
Fruto TS	6.8 cd	3.1 a	1.8 a	1.8 a	1.4 a	0.5 b
Fruto C14	4.2 d	2.2 a	1.6 a	1.4 a	4.3 a	0.7ab
Fruto C18	8.2 c	1.4 a	1.4 a	0.8 a	1.5 a	0.5 b
Fruto C20	11.9 b	1.8 a	1.3 a	0.9 a	4.3 a	0.8 ab

* Letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$), (n= 5); Fruto STS= Fruto sin tejido seco; Fruto TS= fruto con "tejido seco", Fruto C14, C18 y C20= Calibre del fruto 14, 18 y 20 respectivamente.

EXPERIMENTO IV

CALIDAD DE MANGO 'ATAULFO' SOMETIDO A TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO Y SIN HIDROENFRIADO

Color

El tratamiento hidrotérmico provocó que el ángulo de tono ($^{\circ}$ H) y cromaticidad (C) fuera menor en frutos CH que en frutos SH almacenados en refrigeración. Además en frutos mantenidos a temperatura ambiente, el tratamiento hidrotérmico inhibió el desarrollo de color al presentar menor cromaticidad (Cuadro 11). En la primera semana y cero días después del almacenamiento se registraron los valores más altos de Hue, los cuales disminuyeron conforme transcurrió el almacenamiento. Es decir, el proceso de maduración de los frutos fue evidenciado por el cambio de color verde a amarillo-naranja debido a la rápida degradación de la clorofila y al aumento en la biosíntesis de carotenoides, principalmente β -caroteno (Mattoo *et al.*, 1975). Resultados similares se obtuvieron en los cultivares 'Kesar' y 'Manila', en los que el tratamiento hidrotérmico indujo mejor desarrollo del color (Singh y Chundawat, 1991). En otros estudios se han reportado los efectos benéficos en el desarrollo del color causados por la inmersión a altas temperaturas por periodos cortos (51-55 $^{\circ}$ C/10 min) para el control de enfermedades en algunos frutos de origen tropical y la reducción de daños provocados por látex (Medlicott *et al.*, 1990).

Firmeza

El tratamiento hidrotérmico y la temperatura de almacenamiento fueron factores determinantes en la firmeza del mango 'Ataulfo', variable que es considerada como uno de los principales atributos de calidad del fruto. Al final del tratamiento hidrotérmico los frutos (CH) tenían 9.7 N de firmeza, mientras que en los frutos sin el tratamiento (SH) fue de 19.0 N; es decir, el tratamiento hidrotérmico provocó pérdida del 50 % en la firmeza. Además, hubo interacción significativa ($P \leq 0.05$) entre la temperatura de almacenamiento y el tratamiento. Si bien, la degradación de pared celular y el desprendimiento de monosacáridos del complejo péctico se reducen a bajas temperaturas, la interacción con el tratamiento hidrotérmico contribuyó a reducir la

firmeza debido a la activación de enzimas hidrolíticas (Mattoo *et al.*, 1975; Abu-Sarra y Abu-Gouhk, 1992; Jacobi y Gowanlock, 1995).

Sólidos solubles totales

El tratamiento hidrotérmico y el almacenamiento a temperaturas bajas redujeron en 15 % la concentración final de los sólidos solubles totales (SST), con respecto a los frutos sin tratamiento hidrotérmico (Cuadro 11), aunque hubo incremento paulatino conforme transcurrió el almacenamiento; esto indicó un proceso de maduración normal, ya que se alcanzaron niveles similares en los frutos que maduraron a temperatura ambiente (20 °C). Los frutos conservados a temperatura ambiente con tratamiento hidrotérmico presentaron 60 % más de SST que los frutos sin tratamiento térmico, lo cual se debe a que el calor acelera la maduración de los frutos. En mango 'Kesar' también se encontró que los sólidos solubles y los azúcares totales se incrementan por efecto del tratamiento hidrotérmico (Singh y Chundawat, 1991).

Acidez titulable

En frutos CH se registró menor acidez titulable (0.6 %) que en frutos SH (1.3 %), lo que indica que el tratamiento hidrotérmico aceleró el proceso de maduración. Al igual que las otras variables bioquímicas, la acidez titulable fue afectada por la temperatura y tiempo de almacenamiento, toda vez que a 10 °C hubo retraso en la maduración y conforme aumentó el tiempo de almacenamiento la acidez disminuyó en forma significativa ($P \leq 0.05$). Durante la maduración ocurre disminución notable de la acidez en el mango, debido a que los ácidos cítrico, málico y ascórbico disminuyen considerablemente (10, 40 y 2.5 veces, respectivamente) durante la maduración, y el primero en desaparecer es el ácido málico, seguido del cítrico, lo cual sugiere un posible catabolismo del citrato vía malato (Modi y Reddy, 1967). Los ácidos orgánicos como sustratos de la actividad respiratoria en el fruto, juegan un papel importante en el balance acidez/azúcares y, por tanto, influye en el sabor y aroma (Ruiz y Guadarrama, 1992).

Vitamina C

Los frutos CH almacenados a temperatura ambiente tuvieron reducción de 60 % en el contenido de ácido ascórbico, con respecto al valor inicial del testigo (Cuadro 11), pero en los frutos almacenados a 10 °C se registró mayor pérdida de esta vitamina, lo que se atribuye a daños por frío (Cuadro 2) (Lee y Kader, 2000).

Pérdida de peso

El tratamiento hidrotérmico no provocó diferencias significativas en la pérdida de peso en frutos de mango 'Ataulfo' (Cuadro 11), en comparación con los frutos testigo. La mayor pérdida de peso se registró en frutos almacenados en frío y que posteriormente fueron expuestos a temperatura ambiente, ya que a los 3 y 6 d perdieron 4.4 y 10.0 % de su peso total, respectivamente. El mismo comportamiento se observó a los 3, 6 y 9 d en frutos mantenidos a temperatura ambiente, con pérdidas de 4.1, 6.7 y 10.6 %, respectivamente. En mango 'Manila', también se encontró que la pérdida de peso después del almacenamiento a 6 y 12 °C fue significativa (Hidalgo *et al.*, 1997). La pérdida de peso en frutos de mango, se debe principalmente a la transpiración que ocurre a través del alto número de lenticelas, así como al metabolismo respiratorio acelerado por algún tratamiento estresante (Mitra y Baldwin, 1997). Pérdidas de peso entre 5 y 10 % pueden originar un producto comercialmente inaceptable, pero en este estudio la apariencia de los frutos de mango se mantuvo aceptable hasta por 6 d a temperatura ambiente después del periodo de almacenamiento a 10 y 13 °C y 9 d sin refrigeración.

Volátiles (acetaldehído y etanol)

Las concentraciones de acetaldehído y etanol de los frutos fueron comparables entre los tratamientos CH y SH y no se presentó interacción ($P > 0.05$), con el factor temperatura (Cuadro 11). Sin embargo, conforme transcurrió el almacenamiento la concentración de estos volátiles mostró tendencia a reducirse. Según Cua y Lizada (1989), los niveles de etanol y acetaldehído se incrementan cuando los frutos se exponen a temperatura ambiente. En los frutos mantenidos a temperatura ambiente se

observaron niveles estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) de etanol y acetaldehído por efecto del tratamiento hidrotérmico, pero después se estabilizó.

Incidencia de daño por frío

Los síntomas de daño por frío en mango se caracterizan por manchas decoloradas, oscurecimiento de lenticelas, maduración irregular, pobre desarrollo del color y sabor, e incremento en susceptibilidad a enfermedades (Medlicott *et al.*, 1990). Los frutos de 'Ataulfo' manifestaron daño por frío con oscurecimiento de la pulpa (Figura 7) después de ser almacenados por dos semanas a 10 °C, con incidencia de 25 % en frutos SH y 67 % en frutos CH; a las tres semanas de almacenamiento, el daño por frío se manifestó en ambas temperaturas, con incidencias de 16.7 % en frutos SH y de 92 % en frutos CH a 10 °C; y de 8.4 % en frutos SH y 67 % en los CH a 13 °C (Cuadro 12). Los resultados evidencian que la temperatura de 10 °C no es apta para refrigerar mango 'Ataulfo', ya que le produce síntomas de daños por frío, además de acelerar la intensidad respiratoria y emisión de etileno, inactivar enzimas y cambiar la permeabilidad de la membrana celular (Thomas y Oke, 1983; Konopacka y Plocharski, 2003). La susceptibilidad al frío depende de la especie, del grado de madurez a la cosecha, del tiempo y temperatura de exposición, y del estrés provocado por la exposición a altas temperaturas por tiempos prolongados (46.1 °C/75 min) (Medlicott *et al.*, 1990). Es posible aplicar temperaturas de acondicionamiento para incrementar la resistencia a los daños por frío en cultivares de mango, mediante exposición a temperaturas bajas por periodos prolongados, pero para proponer un tratamiento de este tipo es necesario considerar diversos factores (Mitra y Baldwin, 1997).

Incidencia de daño por "tejido seco"

El síntoma de "tejido seco" se caracteriza por la presencia de áreas donde el tejido se colapsa y deja fibras de color blanquecino que indican muerte de células. Este síntoma se manifiesta principalmente en frutos maduros, y generalmente se origina en el endocarpio aunque se puede manifestar en cualquier parte de la pulpa sin detectarse externamente (Figura 8). En esta investigación se encontró que este desorden ocurrió en frutos con y sin tratamiento hidrotérmico almacenados a temperatura ambiente y en

los almacenados por una, dos y tres semanas a 10 y 13 °C (Cuadro 12). Por tanto, de acuerdo con lo anterior, no se puede atribuir el desarrollo de este desorden a la aplicación de los tratamientos postcosecha, aunque, el hidrotérmico parece acentuarlo. Hasta esta fecha este desorden no ha sido reportado en mango 'Ataulfo', y sus características aquí observadas no coinciden con problemas fisiológicos de colapso interno como 'semilla gelatinosa' (jelly seed), 'nariz blanda' (soft nose), 'tejido esponjoso' (spongy tissue) y 'cavidad basal' (stem-end cavity), que han sido descritos en otros cultivares de mango (Cunha *et al.*, 2000), por lo anterior es necesario realizar más investigación en este sentido.

Cuadro 11. Características de calidad de mango 'Ataulfo' sometido a tratamiento hidrotérmico y almacenamiento refrigerado (10 y 13°C) o a temperatura ambiente por diferentes periodos.

Factor	VARIABLES EVALUADAS									
	C	°H	F (N)	SST (°Brix)	AM (%)	VIT C (mg100 ⁻¹ g)	PP (%)	ACE (mg100 ⁻¹ g)	ETA (mg100 ⁻¹ g)	
TEMP	10 °C	31.2 b	84.7 a	3.2 a	17.9 a	1.2 a	9.0 b	4.7 a	119.4 a	456.4 b
	13 °C	32.2 a	79.3 b	2.0 b	18.4 a	0.8 b	10.2 a	4.9 a	116.8 a	559.0 a
TRAT	CH	31.6 a	77.8 b	1.4 b	16.7 b	0.6 b	9.4 a	4.6 a	107.9 a	534.9 a
	SH	31.8 a	86.2 a	3.8 a	19.6 a	1.3 a	9.7 a	5.0 a	128.3 a	480.6 a
SEAL	1	30.4 b	89.7 a	4.3 a	17.3 b	1.3 a	10.8 a	5.2 a	170.7 a	573.3 a
	2	32.7 a	80.5 b	1.9 b	18.8 ab	1.0 a	8.4 c	4.7 a	123.3 b	591.6 a
	3	32.1 a	75.8 c	1.5 b	18.4 a	0.7 b	9.6 b	4.5 a	60.2 c	358.3 b
DDA	0	29.8 c	93.9 a	4.9 a	17.9 a	1.6 a	10.5 a	0.00 c	90.5 b	400.9 b
	3	32.2 b	82.4 b	1.7 b	18.9 a	1.0 b	9.0 b	4.4 b	112.7 ab	644.6 a
A	6	33.3 a	67.8 c	1.2 b	18.3 a	0.3 c	9.7 a	10.0 a	151.0 a	477.7 b
	C	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	ns
TEMP x TRAT		ns	*	ns	ns	*	*	ns	ns	*
I		ns	*	ns	ns	*	*	ns	ns	*
Ó		*	*	*	ns	*	*	ns	*	ns
N		ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	*
TRAT x SEAL		ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	*
TRAT x DDA		ns	ns	*	*	*	*	ns	ns	*
SEAL x DDA		*	*	*	*	*	*	ns	*	*
TRAT	CH	30.7 b	90.6 a	9.7 b	13.5 a	0.2 b	10.7 b	5.3 a	162.6 a	398.5 a
	SH	34.1 a	92.0 a	19.0 a	8.3 a	0.2 a	14.1 a	5.3 a	69.3 b	300.5 b
DDA	0	35.4 a	102.9 a	14.4 a	10.9 c	0.3 a	12.4 a	0.00 d	78.1 a	300.3 a
	3	28.6 c	102.9 a	10.2 b	13.5 b c	0.4 a	14.7 a	4.1 c	129.6 a	320.5 a
	6	31.9 b	104.0 b	2.1 c	17.6 b a	0.1 b	8.6 b	6.7 b	103.1 a	397.9 a
E	9	32.9 b	104.2 b	1.2 c	20.2 a	0.0 b	8.5 b	10.6 a	153.1 a	379.4 a
	TRAT x DDA		*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns

Letras diferentes en la misma columna entre temperaturas, tratamientos, tratamientos, semanas de almacenamiento y días de evaluación son estadísticamente diferentes a ($P \leq 0.05$); TEMP = Temperaturas de almacenamiento en frío; CH= Tratamiento hidrotérmico; SH= Sin tratamiento hidrotérmico; SEAL= Semanas de almacenamiento; DDA= Días después de almacenamiento; C= Cromaticidad; °H= ángulo de tono; F= Firmeza; SST= Sólidos solubles totales; AM= Ácido Máfico; VIT C= Ácido Ascórbico; PP= Pérdida de peso; ACE= Acetaldehído; ETA= Etanol; ns, *= no significativo o significativo, respectivamente.

Cuadro 12. Porcentaje de frutos con daños por frío y “tejido seco” en mango ‘Ataulfo’ con y sin tratamiento hidrotérmico en diferentes condiciones de almacenamiento.

Tratamiento	1ª Semana		2ª Semana		3ª Semana	
	Daño por Frío (%)	Tejido Seco (%)	Daño por Frío (%)	Tejido Seco (%)	Daño por Frío (%)	Tejido Seco (%)
Sin Hidrotérmico 10 °C	0.0	0.0	25.0	34.0	16.7	0.0
Con Hidrotérmico 10 °C	0.0	0.0	67.0	34.0	92.0	0.0
Sin Hidrotérmico 13 °C	0.0	0.0	0.0	8.4	8.4	8.4
Con Hidrotérmico 13 °C	0.0	16.7	0.0	16.7	67.0	42.0



Figura 7. Efecto de las bajas temperaturas en la calidad de mango ‘Ataulfo’. A) fruto con daños por frío; B) fruto sano

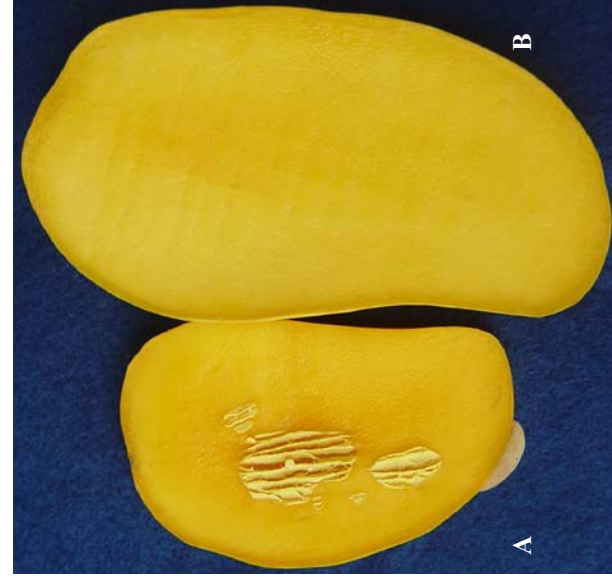


Figura 8. Presencia de tejido seco en mango ‘Ataulfo’. A) fruto con tejido seco; B) fruto sano.

EXPERIMENTO V

EFFECTO DEL HIDROENFRIADO EN LA CALIDAD DE MANGO 'ATAULFO'

Color

Se observó que el tratamiento hidrotérmico desarrolló mejor color en la epidermis de frutos de mango 'Ataulfo' con respecto al testigo. El tratamiento hidrotérmico aceleró el proceso de maduración y se vio el impacto en el cambio de color más avanzado en frutos CH que SH al primer día después del almacenamiento. Se observó también que el color amarillo-naranja incrementa al disminuir el ángulo Hue, la reducción es hasta de 8 grados desde la primera a tercera semana de almacenamiento a 10 °C en frutos CH (96.1 a 88.8); comparado con 13 grados Hue que cambian los frutos SH (109.1 a 96.9). Sin embargo, a 13 °C los frutos CH durante el almacenamiento cambian 18 grados Hue (94.1 a 76.2) y los frutos SH 25 grados (104.3 a 79.6) (Cuadro 13), lo que significa que los frutos de mango 'Ataulfo' durante el almacenamiento a 13 °C casi obtienen su máximo color. Con estos resultados se observa que aún a esas temperaturas, la síntesis de carotenoides y degradación de clorofila se manifiesta (Mattoo *et al.*, 1975). Por otra parte, los valores de Hue entre tratamientos sólo mostraron diferencias significativas al inicio de la evaluación en la primera y segunda semana de almacenamiento en ambas temperaturas, en el resto fueron iguales. Resultados similares se obtuvieron en mango cultivares 'Kesar' y 'Manila', en donde se encontró que el tratamiento hidrotérmico causa mejor desarrollo en el color (Singh y Chundawat, 1991).

Firmeza

El tratamiento hidrotérmico aceleró el ablandamiento de los frutos y se observó que la temperatura de 10 °C retiene más el ablandamiento que a 13 °C y eso se observó con el análisis al momento de salida de cada periodo de almacenamiento CH; 9.3, 7.2 y 5 N; SH 20.7, 14.6 y 14.7 respectivamente a 10 °C comparado con frutos CH; 5.8, 2.5 y 1.5 N y SH; 15.3, 3.7 y 1.6 N respectivamente, almacenados a 13 °C. Con estos resultados podemos ver que los frutos que se almacenaron a 13 °C perdieron

casi la totalidad de su firmeza en 3 semanas (Figura 9, Apéndice 2). La temperatura y periodo de almacenamiento son factores determinantes que afectaron notablemente la firmeza del mango 'Ataulfo', y puesto que esta variable es considerada uno de los principales atributos de calidad en los frutos, es importante destacar el efecto del tratamiento hidrotérmico y el hidrofriado. Diversos estudios reportan los cambios bioquímicos que sufre el tejido vegetal durante su almacenamiento y aunque la degradación de pared celular junto con el desprendimiento de monosacáridos del complejo péctico se realiza a bajas temperaturas, la interacción con el tratamiento hidrotérmico contribuyó a la reducción de la firmeza, debido a la activación de enzimas hidrolasas (Mattoo *et al.*, 1975; Abu-Sarra y Abu-Gouhk, 1992; Jacobi y Gowanlock, 1995).

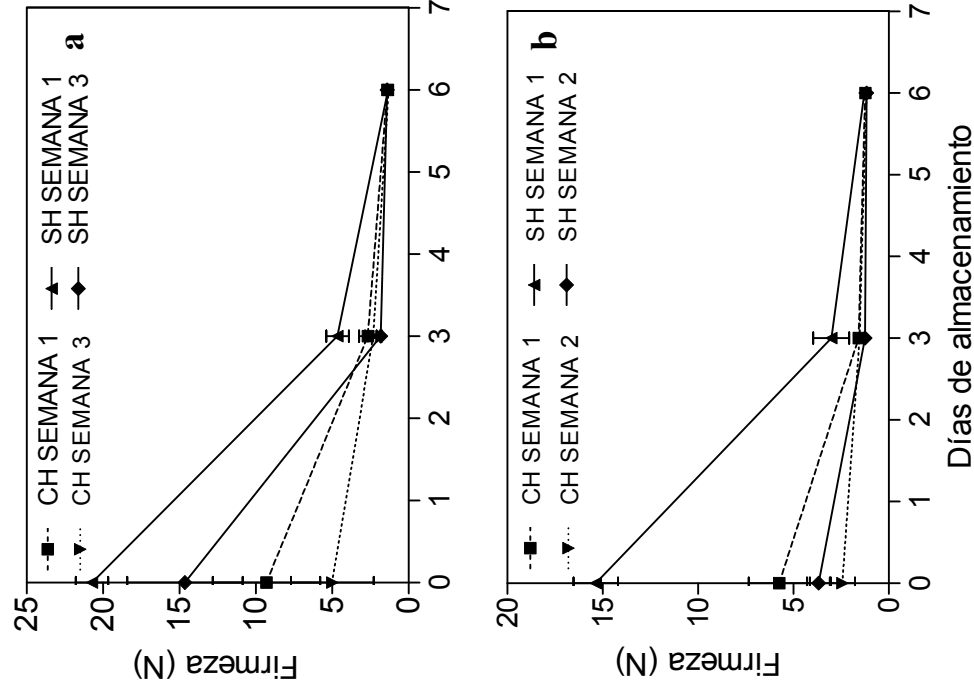


Figura 9. Cambios en firmeza (N) una y tres semanas a 10 °C (a); y a una y dos semanas a 13 °C (b), en frutos de mango 'Ataulfo'; CH= frutos con tratamiento hidrotérmico; SH= frutos sin hidrotérmico.

Sólidos Solubles Totales

Los resultados del cuadro 1, muestran que el tratamiento hidrotérmico y las bajas temperaturas tienen efecto importante en la concentración final de los sólidos solubles totales con relación a los frutos que no recibieron tratamiento hidrotérmico. Además, se observó incremento paulatino en esta variable conforme avanza el tiempo de almacenamiento siendo más marcado a 13 °C, lo que indica un proceso de maduración normal pues se alcanzan niveles similares en los frutos que maduraron a temperatura ambiente. No obstante, se observó que los frutos CH siempre alcanzan

menor concentración de sólidos solubles que frutos SH, almacenados a 10 o 13 °C (Cuadro 13).

Acidez titulable

Los resultados indican que el tratamiento hidrotérmico no tiene efecto marcado en la acidez, más bien el efecto se muestra entre temperaturas al observar menor acidez titulable a 13 °C (Cuadro 13). Estos resultados son similares con los reportados por Mattoo *et al.*, (1975) donde se ha mostrado que durante la maduración de mangos se presenta una considerable disminución de la acidez. En el caso de ácido cítrico, málico y ascórbico disminuyen 10, 40 y 2.5 veces respectivamente y el primero en desaparecer es el ácido málico, seguido del cítrico, lo cual sugiere con ello un posible catabolismo del citrato vía malato (Modi y Reddy, 1965). Por otra parte se ha estudiado que el uso de ácidos orgánicos como substratos de la actividad respiratoria de los frutos, juegan un papel importante en el balance acidez/azúcares y por lo tanto influye en el sabor y aroma de los frutos (Ruiz y Guadarrama, 1992).

Vitamina C

La concentración de ácido ascórbico disminuye conforme avanza el proceso de maduración pero este comportamiento se acentúa después de la primer semana de almacenamiento a 10 y 13 °C en frutos CH y SH. En la segunda y tercer semana los frutos incrementan la concentración de vitamina C durante el proceso de maduración y no se observan diferencias significativas entre frutos CH y SH. Por otro lado, se observa que a temperatura de almacenamiento a 13 °C existió mayor ganancia esta vitamina, caso contrario de lo que sucedió en el experimento donde los frutos no recibieron hidrefriado (Cuadro 13).

Pérdida de peso

En el Cuadro 13 se observa que el tratamiento hidrotérmico no causó diferencia estadística en la pérdida de peso en frutos de mango 'Ataulfo', más bien, el efecto se atribuyó a la temperatura y periodo de almacenamiento, ya que frutos CH a 10 °C perdieron de 10.8 hasta 11.9 % en las 3 semanas de almacenamiento y a 13 °C la

pérdida fue de 10.8 hasta 17.7 %. Valores similares se detectaron en frutos SH, que a 10 °C perdieron de 10.8 a 11.4 y a 13 °C de 10.7 a 15.1%, respectivamente (Figura 10, Apéndice 2). Hidalgo *et al.* (1997) encontraron en mango 'Manila', que la pérdida de peso fue muy significativa después del almacenamiento a 6 y 12 °C. La pérdida de peso en frutos de mango, se debe en mayor parte a la transpiración que ocurre por el número de lenticelas presentes. Diversos reportes indican que pérdidas de peso entre el 5-10 % pueden representar un producto comercialmente inaceptable, sin embargo en este caso la apariencia de los frutos de mango fue aceptable incluso hasta después de los nueve días del almacenamiento refrigerado.

Cuadro 13. Características de calidad de mango 'Ataulfo' sometido a tratamiento hidrotérmico e hidrogenfriado y almacenamiento refrigerado a 10 y 13 °C ó a temperatura ambiente por diferentes periodos

TEM	TRAT	SEAL	DDA	HUE	CHROMA	PFP	FIRMEZA	°BRIX	ACIDEZ	VIT C	
10°	C/TH	1	1								
			2	*	*	*	*	NS	*	NS	
			3								
	S/TH		1								
			2	*	*	*	*	*	*	NS	
			3								
	C/TH	2	1								
			2	*	NS	*	NS	NS	*	NS	
			3								
	S/TH		1								
			2	*	*	*	*	*	*	NS	
			3								
C/TH	3	1									
		2	*	NS	*	NS	NS	*	NS		
		3									
S/TH		1									
		2	*	*	*	*	NS	*	NS		
		3									
13°	C/TH	1	1								
			2	*	*	*	NS	NS	*	NS	
			3								
	S/TH		1								
			2	*	*	*	NS	*	*	*	
			3								
	C/TH	2	1								
			2	NS	*	*	NS	NS	*	NS	
			3								
	S/TH		1								
			2	*	NS	*	NS	NS	*	NS	
			3								

CH = Con tratamiento hidrotérmico; SH = sin tratamiento hidrotérmico; NS = no significativo, 0.05; * = significativo, 0.05.

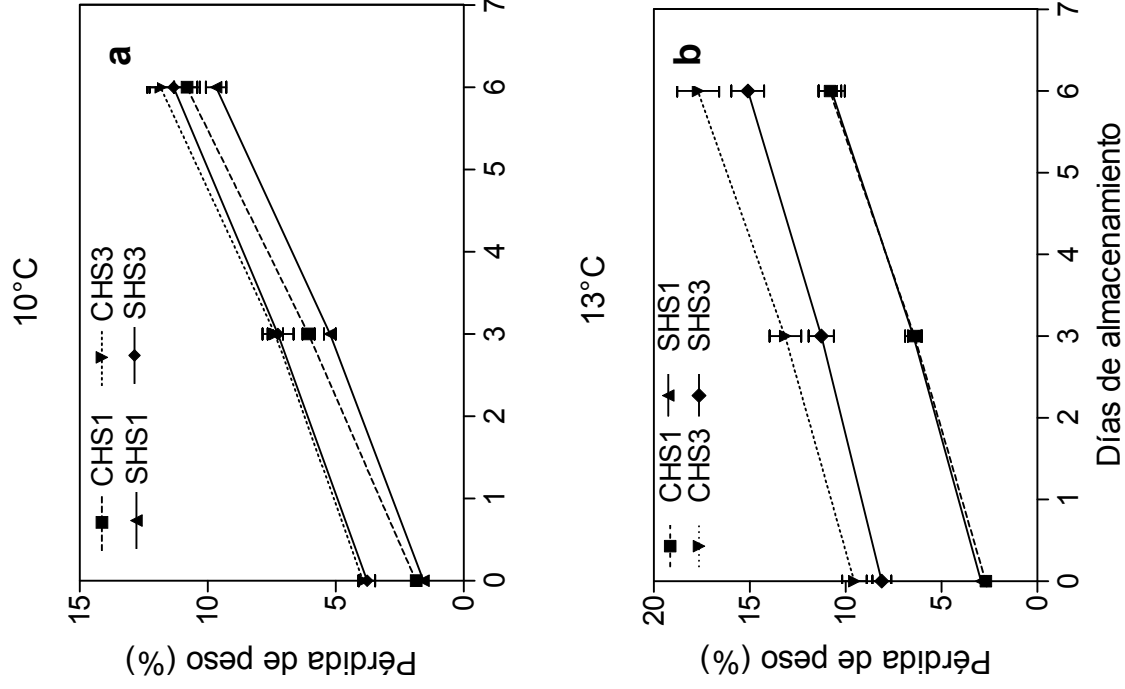


Figura 10. Pérdida de peso (%) en una y tres semanas a 10 °C (a) y a 13 °C (b) en frutos de mango 'Ataulfo'; CHS1= frutos con tratamiento hidrotérmico semana uno; SHS1= frutos sin hidrotérmico semana uno; CHS3= frutos con tratamiento hidrotérmico semana tres; SHS3= frutos sin hidrotérmico semana tres.

Incidencia de daño por frío

Los síntomas de daño por frío en mango se caracterizan por: manchas decoloradas, oscurecimiento de lenticelas, maduración irregular, pobre desarrollo del color y sabor y susceptibilidad a enfermedades (Medlicott *et al.*, 1990). Los frutos de mango 'Ataulfo' no manifestaron el daño por frío con oscurecimiento de la pulpa después de ser almacenados 1, 2 y 3 semanas a 10 °C y 13 °C. Lo que significa que el tratamiento de hidrofriado ayudó a prevenir este desorden, ya que Luna *et al.*, 2006 mostraron que en frutos de mango 'Ataulfo' no recibieron hidrofriado y por consecuente desarrollaron daños por frío a las 2 semanas a 10 °C y en 3 semanas a 10 y 13 °C. Con estos resultados podemos considerar que mango 'Ataulfo' sometido a tratamiento hidrotérmico a 41.6 °C en 75 min y posterior hidrofriado a 20 °C durante 20 min previene el daño por frío y puede transportarse hasta por 3 semanas. Se ha estudiado que el daño por frío estimula la tasa respiratoria, emisión de etileno, aumenta la energía de activación, retrasa el fluido del protoplasma, aumenta la permeabilidad de la membrana, inactiva enzimas, convierte el líquido cristalino y altera la estructura celular (Thomas y Oke, 1983; Konopacka y Plochanski, 2003). La susceptibilidad al frío está influenciada por la especie, grado de madurez a la cosecha, tiempo y temperatura de exposición y en este caso al estrés provocado por la exposición a altas temperaturas por tiempos prolongados (46.1°C/75 min) (Medlicott *et al.*, 1990). Diversos estudios mencionan las ventajas de temperaturas de acondicionamiento para incrementar la resistencia a los daños por frío en algunos cultivares de mango, sin embargo las temperaturas de exposición son menores aunque por tiempos mayores, es por ello que para proponer algún tratamiento que reduzca la susceptibilidad a los desórdenes provocados por bajas temperaturas es necesario considerar los factores previamente enumerados.

EXPERIMENTO VI
EVALUACIÓN DE CALIDAD SANITARIA EN MANGO ‘ATAULFO’ DE EXPORTACIÓN

Cuenta total de bacterias mesófilas aeróbias (BMA)

En el presente estudio se encontró que el número de BMA en frutos de mango ‘Ataulfo’ analizados en diferentes puntos de la empacadora MAGMAR en 2005 y 2006, el 100% se encontró por debajo de los límites permitidos por (WHO, 2005). Que establece un máximo de 100,000 unidades formadoras de colonias por gramo (UFC g⁻¹). En las dos fechas de evaluación se observó que la fuente de contaminación más importante fue el agua de pozo, la que se redujo los niveles en la tina de lavado en el 2006 (Cuadro 14). Con estos resultados se puede asumir que el tratamiento con cloro en la tina de lavado estaba funcionando positivamente, contrario a lo que sucedió en 2005. También se observó en 2006, que la manipulación de fruta durante el empaque incrementó ligeramente la concentración de BMA (Cuadro 15). Lo que significa que la sanidad de los guantes y manos de los empacadores si influye en la contaminación cruzada de los frutos de mango ‘Ataulfo’, tal como lo cita Fernández (2000). Pinguikar *et al.*, (2001) encontraron resultados diferentes en jitomate, donde a pesar del proceso de lavado, secado y encerado, se mantuvo la alta concentración de BMA fuera de los límites establecidos por el (WHO, 2005).

Cuadro 14. Cuenta total de bacterias mesófilas aeróbias (UFC g⁻¹) en agua de pozo y tina de lavado de mango ‘Ataulfo’.

Punto de muestreo de	Muestreo 17/05/05 (UFC g ⁻¹)	Muestreo 13/03/06 (UFC g ⁻¹)
agua		
Agua después de la jornada	31,750.0	226.7
Agua de pozo	24,500.0	31,633.3

UFC= unidades formadoras de colonias

Cuadro 15. Cuenta total de bacterias mesófilas aerobias (UFC g⁻¹) en epidermis de mango 'Ataulfo' durante el procesamiento postcosecha

Punto de muestreo de fruta y agua	Muestreo 17/05/05 (UFC g ⁻¹)	Muestreo 13/03/06 (UFC g ⁻¹)
Recepción	151.9	459.2
Después de lavado	283.8	321.7
Después del hidrotérmico	67.5	12.5
Después del empaque	32.5	395.8

UFC= unidades formadoras de colonias

Bacterias coliformes totales y fecales

EL límite microbiológico que especifican las normas de España e Israel, para bacterias coliformes totales y fecales es de 1000 coliformes g⁻¹ (WHO, 2005), y de acuerdo a los resultados que se muestran en el cuadro 16, todas las muestras de mango cumplen satisfactoriamente con los límites antes mencionados e incluso, en muchas muestras analizadas en el proceso de empaque, no se detectaron estas bacterias. La baja o nula presencia de BCT y BCF en frutos de mango 'Ataulfo', se puede atribuir a que los frutos no se encuentran en contacto directo con el suelo durante su desarrollo, o que las condiciones ambientales en la época que se desarrolla el mango no sean las más favorables para la supervivencia de bacterias enteropatógenas o que los frutos sinteticen sustancias inhibitorias (Sánchez *et al.*, 2004; Ramadam y Morsel, 2003). Con respecto a las muestras de agua de pozo y de la tina de lavado, las concentraciones de BCT y BCF rebasaron los límites establecidos en la NOM-127-SSA1-MOD-1994 (Cuadro 17), la cual indica límites de 2 NMP 100 mL⁻¹ y ausencia de NMP100 mL⁻¹ de totales y fecales respectivamente. Por lo tanto, la presencia de BCT en los frutos de mango en varios puntos de muestreo, pudo tener su origen manipuladores durante la cosecha y contaminación con agua en la fase de lavado y empaque. Lo anterior, ha sido señalado en otras investigaciones, donde se especifica que la contaminación microbiana de estos alimentos se produce durante toda la cadena productiva, por manipulación del mango, contacto con tierra o agua contaminada (Beauchat, 1995; Fernández, 2000).

Cuadro 16. Número de coliformes totales y fecales (NMP g⁻¹) en epidermis de frutos de mango 'Ataulfo' durante el procesamiento postcosecha.

Punto de muestreo	Coliformes totales NMP g ⁻¹		Coliformes fecales NMP g ⁻¹	
	2005	2006	2005	2006
Recepción	Ausencia	9	Ausencia	4
	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	Ausencia	4	Ausencia	Ausencia
Después del lavado	Ausencia	9	Ausencia	4
	9	Ausencia	23	Ausencia
	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Después del hidrotérmico	Ausencia	3	Ausencia	Ausencia
	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	Ausencia	4	Ausencia	Ausencia
Empacado	Ausencia	15	Ausencia	4
	Ausencia	4	Ausencia	Ausencia
	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	Ausencia	4	Ausencia	Ausencia

Cuadro 17. Número de coliformes totales y fecales (NMP g⁻¹) en agua de pozo y tina de lavado de mango 'Ataulfo'

Punto de muestreo	Coliformes totales NMP g ⁻¹		Coliformes fecales NMP g ⁻¹	
	2005	2006	2005	2006
Agua de lavado	43	150	240	43
Agua de pozo	4	210	4	21

Salmonella

No se detectó presencia de *Salmonella* en las muestras de mango y agua analizadas. La ausencia de ésta bacteria se explica por la baja carga microbiana, ya que cuando existe *E. coli* en los alimentos, es probable encontrar *Salmonella* (Leclerc *et al.*, 2001). Aunque existe la posibilidad que la técnica utilizada, no haya sido capaz de detectar su presencia, ya que cuando existe baja contaminación, puede dar falsos negativos. Al respecto, Espinosa-Medina *et al.* (2005) recomiendan que se utilice la técnica de PCR, la cual es 4.3 veces más sensible.

CONCLUSIONES

El tratamiento Hidrotérmico a 46.1°C por 75 min acelera el proceso de maduración por un día en mango 'Ataulfo'.

El pico climatérico en mango 'Ataulfo' se manifestó al quinto día en frutos con tratamiento hidrotérmico y al sexto día en frutos sin hidrotérmico.

El 1-metilciclopropeno a 300 nL L⁻¹ no retrasó el proceso de maduración de mango 'Ataulfo'.

El tratamiento hidrotérmico a 46.1°C durante 75 min incrementa la incidencia del "tejido seco" en 40%, pero sin ser el agente acausal del problema.

No existió diferencia en el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Cu y Zn en frutos con "tejido seco" y aparentemente sanos de mango 'Ataulfo', por lo tanto se presume que los nutrimentos analizados no fueron el origen del desorden fisiológico.

El tratamiento hidrotérmico a 46.1 °C durante 75 min afectó significativamente la firmeza de los frutos de mango 'Ataulfo', incrementó la susceptibilidad a los daños por frío, y adelantó su maduración, pero no afectó significativamente las características de calidad.

El almacenamiento refrigerado del cultivar 'Ataulfo' se puede realizar hasta por dos semanas a temperaturas superiores a 13 °C o conservarlos a temperatura ambiente para que desarrollen las características organolépticas propias del cultivar.

El mango con tratamiento hidrotérmico y posterior hidrofriado no manifiesta daños por frío y puede almacenarse a 10 y 13 °C.

La calidad de mango 'Ataulfo' se mantiene mejor a 10 °C que a 13 °C, cuando se somete a un proceso de hidrofriado, posterior al tratamiento hidrotérmico.

Las concentraciones de Bacterias mesófilas aeróbias, bacterias coliformes totales y bacterias coliformes fecales en frutos de mango 'Ataulfo' y agua fue inferior de los límites permisibles en especificaciones microbiológicas, por lo tanto no representan un riesgo con infecciones gastrointestinales.

No se detectó la presencia de *Salmonella* en frutos de mango 'Ataulfo' y agua analizada.

LITERATURA CITADA

- Abu-Sarra A., F., and A. Abu-Gouhk A. 1992. Changes in pectinesterase polygalacturonase and cellulose activity during mango fruit ripening. *J. Hort. Sci.* 67:561-568.
- Adams D., O., and F. Yang S. 1979. Ethylene biosynthesis: Identification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid as an intermediate in the conversion of the methionine to ethylene. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 76: 170-174.
- Aina J., O., and O. Oladunjoye O. 1993. Respiration, Pectolytic activity and textural changes in ripening african mango (*Irvingia gabonensis*) Fruits. *J. Sci. Food Agricultural.* 63: 451-454.
- Akamine E., K., and T. Goo. 1973. Respiration and ethylene production during ontogeny of fruit. *J. AMER. Soc.Horticultural Sci.* 98: 286-291.
- Anderson M., R. P., y P. Calderón Y. 2000. Microbiología alimentaria: metodología analítica para alimentos y bebidas. Ed. Acribia. Madrid, España. 441 p.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Vol. II. Association of Official Analytical Chemistries. Washington, D.C. pp: 918-919.
- Avena B., J. 1997. Manejo postcosecha del Mango. Empacadoras de Mango de Exportación A.C. México. 47 p.
- Báez S., R., E. Bringas T., y G. González A. 1999. Evaluación y estado actual del tratamiento hidrotérmico como cuarentena. En: Saucedo V C, S R Báez (eds) Requerimientos de tratamientos cuarentenarios en frutas tropicales y subtropicales. 93p. (ed) CYTED-CONACYT. pp. 49-65
- Barret D., M., and C. Gonzalez. 1994. Activity of softening enzymes during cherry maturation. *J. Food Sci.* 59 (3): 574-577.
- Bartley I., M., and M. Knee. 1982 The chemistry of textural changes in the fruit during storage. *Food Chem.* 9: 47-58.
- Beuchat L., R. 1995. "Pathogenic microorganisms associated with fresh produce". *J. Food Protection.* 59: 204-206.
- Benítez C., F. A., G. Huerta P., y F. Holguín M. 2002. Efecto de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. Y Sacc. En la caída de frutos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ataulfo en el Soconusco, Chiapas, México. *Rev. Mexicana de Fitopatología.* 21(2): 223-227.

- Biggs M., S., R. Woodson W., and K. Handa A. 1988. Biochemical basis of high temperature inhibition of ethylene biosynthesis in ripening tomato fruits. *Plant. Physiol.* 72:572-578.
- Blankenship, S., and J. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene: A review. *Postharvest Biol. Technol.* 28:1-25.
- Bruner R., L. 1964. Determination of reducing value (3,5-DNS acid method). *Methods in carbohydrate chemistry*. Whistler Roy L. Ed. VOL. IV Academic Press. London. pp.67-71.
- Burditt A., K. J. R., G. Mozonas M., T. Hatton T., H. Spalding D., L. Von Windeguth D., and G. Shaw P. 1981. Low-dose irradiation as a treatment for grapefruit and mangos infested with Caribbean fruit fly larvae. U. S. Dep. Agricultural Research Service and Report ARR-S10. 137 p.
- Burdon J., N., G. Moore K., and H. Wainwright. 1991. Mineral distribution in mango fruit susceptible to the physiological disorder soft-nose. *Sci. Hortic.* 48: 329-336.
- Campbell J., R, N. Ledesma., and C. Campbell. 2002. Tropical mangos: How to grow the world's most delicious fruit. English/Spanish. 71 p.
- Chapman H., D., and F. Pratt P. 1973. Métodos de análisis para suelo, plantas y agua. Ed. Trillas, México. 195 p.
- Chen J., P., Y. Tai C., and H. Chen B. 2004. Improved liquid chromatographic method for determination of carotenoids in Taiwanese mango (*Mangifera indica* L.) J. of chromatography. 1054: 261-268.
- Cruz-Crespo E., L. Arevalo-Galarza., R. Cano-Medrano., y A. Gaytán-Acuña E. 2006. Soluciones pulso en la calidad postcosecha de lisanthus (*Eustoma grandiflorum* Raf.) cv. 'Echo Blue'. *Agric. Técnica Méx.* 32 (2): 191-200.
- Cua A., U., C. C. Lizada M. 1989. Ethylene production in the "carabao" Mango (*Mangifera indica* L.) fruit during maturation and ripening. *Acta Hort.* 269:169-179.
- Cunha F., H. A., T. B. Florencio A., J. Barbosa M., R. Elesbão A., e A. Barbosa C. 2000. Características da fruta para exportação: *In: Manga Pós-colheita*. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. EMBRAPA. pp:14-21.
- Davies P., L., and G. Chace W. 1969. Determination of alcohol in citrus juice by gas chromatographic analysis of headspace. *HortScience* 4:117-119.
- Duana R., Ma. M. 2001. Análisis de la iniciativa de inocuidad alimentaria en frutas y Hortalizas. Chapingo, Edo. de México. 66 p.

- Dubery I., A., V. Vanrensburg L., and C. Schabart J. 1984. Malic enzyme activity and related biochemical aspects during ripening of irradiated mango fruit. *Phytochemistry* 23: 1383-1386.
- Eaks I., L. 1978. Ripening, respiration, and ethylene production of 'Hass' avocado fruits at 20° to 40°C. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 103: 576-578.
- EMEX. A. C. 2005. Empacadores de mango de exportación. Estadísticas (en línea). Disponible en <http://www.mangoemex.org.mx> (Fecha de consulta: 10 de junio del 2005).
- EMEX. A. C. 2006. Empacadoras de mango de exportación. Estadísticas (en línea) disponible en <http://www.magoemex.org.mx> (Fecha de consulta: 20 agosto del 2007).
- Ergun M., and D. Huber. 2001. Delaying papaya fruit ripening by 1-Methylciclopropene. *Proc ASHS. Ann. Conf. HortScience* 36(4): 319.
- Espinosa-Medina, I. E., F. G. Rodríguez-Leyva, I. Vargas-Arispuro, M. A. Islas-Osuna, E. Acedo-Félix, y M. A. Martínez-Télez. 2005. PCR identification of *Salmonella*: potential contamination sources from production and postharvest handling of cantaloupes. *J. Food Prot.* 69:1422-1425.
- FAO. 2004. Estadísticas Agropecuarias de América Latina.
- FAO. 2008. Base de datos estadísticos. Agricultura. (en línea) disponible en <http://www.fao.org>. (Fecha de consulta: 15 de febrero del 2005).
- FDA. 2003. Memorias de; entrenamiento para capacitadores sobre buenas prácticas agrícolas y de manejo en frutas y hortalizas, Veracruz, México 80 p.
- Feng P., D. Weagant S., and A. Grant M. 2002. Enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. *In: Bacteriological Analytical Manual Online. Food and Drug Administration and Center Food Safety and Applied Nutrition* (eds). AOAC International, Gaithersburg, Md. Disponible en: <http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-mm.html>. (Fecha de consulta: 20 de marzo del 2005).
- Feng X., A. Afelbaum., E. Sisler., and R. Goren. 2000. Control of ethylene responses in avocado fruits with 1-methylciclopropene. *Postharvest Biol. Technol.* 20(2):143-150.
- Ferguson I., B. 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Plant Cell Env.* 7:397-405.

- Ferguson I., R. Volz, and A. Woolf. 1999. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 15: 255-266.
- Fernández E., E. 2000. Microbiología e inocuidad de los alimentos. Editado por la Universidad Autónoma de Querétaro. 931 p.
- FIRA. 1997. Boletín informativo. Oportunidades de Desarrollo del Mango en México. 33 p.
- Frías T., G. 2000. Medidas Sanitarias y Fitosanitarias en el Comercio Internacional de Productos Agrícolas. Fitosanidad, Biotecnología e Inocuidad Alimentaria. 87 p.
- Fuchs Y., E. Pesis, and G. Zauberman. 1980. Changes in amylase activity, starch and sugar contents in mango fruit pulp. *Sci. Hort.* 13:155-160.
- Galán S., V. 1999. El cultivo del mango. Ed. Mundi prensa. Madrid, España. 298 p.
- Grové T., P. Steyn W., and S. de Beer M. 2004. Irradiation and effect on mango fruit quality. *SA Mango Growers' Association. Res. J.* 24: 22-25.
- Gunjate R., T., J. Tare S., D. Rangwala A., and P. Limaye V. 1979. Calcium content in 'Alphonso' mango fruits. *Indian J. Hort.* 37: 140-144.
- Gutierrez S., J. 1989. "Importancia de la familia *Tephritidae* en la fruticultura mexicana", III Curso Internacional de Capacitación sobre moscas de la fruta, Mód. 1. 15-19 p.
- Gutiérrez R., M., R. San Miguel, T. Nava, y A. Larqué-Saavedra. 1995. Métodos avanzados en fisiología experimental. Programa de Botánica. IRENAT, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 119 p.
- Hayes C., F. H., G. Chingon T., A. Nitta F., and M. T. Leung A. 1984. Temperature control as alternative to ethylene dibromide fumigation for the control of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in papa. *J. Econ. Entomol.* 77:683-686.
- Hidalgo M., J. Cruz, L. Parkin K., and S. García H. 1997. Refrigerated storage and chilling injury development of manila mangoes (*Mangifera indica* L.) *Acta Hort.* 1:718-722.
- Hofman P. J., M. Jobin-Décor, F. Meiburg G., J. Macnish A, C., and Joyce D. 2001. Ripening and quality responses of avocado, custard Apple, mango, and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. *Aust. J. Exp. Agric.* 41: 567-572.
- INIFAP. 2001. Logros y Aportaciones de la Investigación al cultivo de "Mango Ataulfo" en Chiapas. SAGAR-PRODUCE. 21 p.

- Instituto Mexicano de la propiedad industrial. 2003. Diario oficial de la federación. 27 de Agosto de 2003. Secretaría de Economía. 14 p.
- Jackson M., L. 1964. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega. Barcelona, España. 662 p.
- Jacobi K., K., and D. Gowanlock. 1995. Ultrastructural studies of Kensington mango (*Mangifera indica* L.) heat injuries. HortScience 30:102-103.
- Jacobi K., K., A. MacRae E., and E. Hetherington S. 2001. Loss of heat tolerance in 'Kensington' mango fruit following heat treatments. Postharvest Biol. Technol. 21: 321-330.
- Jacobi K., K., and S. Wong L. 1992. Quality of 'Kensington' mango (*Mangifera indica* Linn.) Following hot water and vapour-heat treatments. Postharvest Biol. Technol. 1:349-359.
- Kader A., A. 1980. Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres. Food Technol. 34:51-54.
- Kang C., K., E. Kim S., M. Lee J., K. Kim Y., and H. Jung J. 2001. Effect of 1-methylcyclopropene on fruit quality ethylene evolution and respiration in apple 'Tsupgaru' and 'Fuji'. HortScience. 36(3): 468.
- Katrodia J., S., and A. Rane D. 1989. The pattern of distribution of spongy tissue in the affected Alphonso fruits at different locations. Acta Hort. 231: 873-877.
- Katrodia J., s., A. Rane D., and K. Salunkhe D. 1989. Biochemical nature spongy tissue in Alphonso fruits. Acta Hort 231: 835-839.
- Katrodia J., S., K. and Seth I. 1989. The spongy tissue development in mango fruit of cultivar Alphonso in relation to to temperature and its control. Acta Hort. 231: 827-834.
- Ketsa S., S. Chidragool, D. Klein J., and S. Lurie. 1999. Ethylene synthesis in mango fruit following heat treatment. Postharvest Biol. Technol. 15: 65-72.
- Konopacka D., and J. Plochanski W. 2003. Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability. Postharvest Biol. Technol. 32:205-211.
- Lakshminarayana, S. 1980. Mango. *In*: Tropical and Subtropicals Fruits. S Nagy, P E Shaw (eds). AVI Publishers. Ney York. pp: 184-257.

- Lancaster J., E. E. Grant J., E. Lister C., and C. Tylor M. 1994. Skin color in apples – Influence of copigmentation and plastid pigments on shades and darkness of red color in five genotypes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119: 63-69.
- Léchaudel M., and Joas J. 2006. Quality and maturation of mango fruits of cv. Cogshall in relation to harvest date and carbon supply. *Aust. J. Agric. Res.* 57: 419-416.
- Léchaudel M., J. Joas, Y. Caro, M. Génard, and M. Jannoyer. 2005. Leaf, fruit ratio and irrigation supply affect seasonal changes in minerals, organic acids and sugars of mango fruit. *J. Sci. Food Agric.* 85: 251-260.
- Leclerc, H. A. A. Mossel D., C. Edberg S., and B. Struijk C. 2001. Advances in the bacteriology of the coliform group: their suitability as markers of microbial water safety. *Annu. Rev. Microbiol.* 55:201-34.
- Lee S., K., and A. Kader A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharv. Biol. Technol.* 20:207-220.
- Litz R., E. 1997. The mango: botany, production, and uses. CAB International. University Press, Cambridge England. 387 p.
- Lizada, C. 1993. Mango. In: Seymour G B, J E Taylor, G A Tucker (ed.) *Biochemistry of fruit ripening*, London: Chapman & Hall (1993). pp. 255-266
- Luna E., G., Ma. L. Arévalo G, S. Anaya R., A. Villegas M., M. Acosta R., y G. Leywa R. 2006. Calidad de mango 'Ataulfo' sometido a tratamiento hidrotérmico. *Rev. Fit. Mex.* 29 (2): 123-128.
- Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 14: 257-269.
- Machado P., C. R., R. Elesbao A., e H. A. Cunha F. 2000. Mercado internacional de manga: Situação atual e perspectivas. In: *Manga Pós-colheita*. F.H.A. Cunha (ed). EMBRAPA pp:9-13.
- Mattoo A., K., T. Murata, B. Pantastico E., K. Chachin, K. Ogata, and T. Phan C. 1975. Chemical changes during ripening and senescence. In: *Post-harvest Physiology Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables*. E B Pantastico (ed). AVI, Westport, Conn. pp:103-127.
- Maxie, E., G. Mitchell, N. Sommer, G. Snyder, and H. Rae. 1974. Effects of elevated temperatures on ripening of 'Bartlett' pear. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 99:344-349.
- Mc Guire R., G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience.* 27:1254-1255.

- Medlicott A., P., J. Semple A., J. Thompson A., R. Blackbourne H., and K. Thompson A. 1992. Measurement of colour changes in ripening bananas and mangoes by instrumental, chemical and visual assessments. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 69: 161-166.
- Medlicott A., P., and K. Thompson A. 1985. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var. Keitt) by high performance liquid chromatography. *J. Sci. Food Agric.* 36: 561-566.
- Medlicott A., P., M. M. Sigrist J., and O. Sy. 1990. Ripening of mangos following low-temperature storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:430-434.
- Medlicott A., P., M. Bhogal, and B. Reynolds S. 1987. Changes in peel pigmentation during ripening of mango fruit (*Mangifera indica* var 'Tommy Atkins'). *Ann. Appl. Biology* 109: 651-656.
- Mendoza W., A. M., y R. Báez. 2000. Medición de la tasa respiratoria por sistema cerrado en melón cantaloupe. *Hortic. Mex.* 8(2): 158-163.
- Mitra S., K., and A. Baldwin E. 1997. Mango. *In: Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits.* S K Mitra (ed). CAB International. pp: 85-122.
- Modi V., V., and V. Reddy V. 1965. Carotenogenesis in ripening mangoes. *Indian J. Exp. Biol.* 5:233-235.
- Morton J., F. 1987. Fruits of warm climates. Miami. E.U. 505 p.
- Mosqueda V., R. 2002. Variedades o Cultivares de mango en México. *Compilado en El Mango Manejo y Comercialización.* CD. Ed. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Texcoco, México. pp. 21-24.
- Mukherjee S., K. 1997. Chapter 1. Introduction, botany and importance. *En: R E Litz. The mango, botany, production and uses.* CAB International. Wallingford. Oxon. pp. 1-20.
- Oliveira L., L. C., B. Chitarra A., and I. F. Chitarra M. 2001. Changes in amylase activity starch and sugar contents in mango fruits pulp cv 'Tommy Atkins' with spongy tissue. *Brazilian Arch. Biol. Technol.* 44 (1): 59-62.
- Osuna G., J. A., A. Beltrán J., y M. A. Urias L. 2005. Efecto del 1-Metilciclopropano (1-MCP) sobre la vida de anaquel y calidad de mango para exportación. *Rev. Fit. Mex.* 28 (3): 271-278.
- Parikh H., R., M. Nair G., and V. Mori V. 1990. Some structural changes during ripening of mangoes (*Mangifera indica* var. Alphonso) abscisic acid treatment. *Ann. Bot.* 65: 121-127.

- Pascual A., M. R., y P. Calderón. 2000. Microbiología Alimentaria. Metodología Analítica para Alimentos y Bebidas. 2a edic. Diaz de Santos. Madrid, España. 442 p.
- Peacock B., C., and I. Brown B. 1984. Quality comparison of several mango varieties. Proceedings First Australian mango Research Workshop. 334-339 p.
- Pingulkar K., A. Kamat, and D. Bonginwar 2001. Microbiological quality of fresh leafy vegetables, salad components and ready-to-eat salads: an evidence of inhibition of *Listeria monocytogenes* in tomatoes. Int. J. Food Sci. Nutr. 52:15-23.
- Ramadan M., F., and T. Morsel J. 2003. Recovered lipids from prickly pear [*Opuntia ficus- Indica* (L.) Mill.] peel: a good source of polyunsaturated fatty acids, natural antioxidant vitamins and sterols. Food Chem. 83(2): 447-486.
- Ranganna, S. 1979. Manual of analysis of fruit and vegetable products. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi. 120 p.
- Raymond, L., B. Schaffer, K. Brecht J., and H. Crane J. 1998. Internal breakdown in mango fruit: symptomology and histology of jelly seed, soft nose and stem-end-cavity. Postharvest Biol. Technol. 13: 59-70.
- Refai M., K. 1981. Manuales para el control de calidad de los alimentos: Análisis microbiológico. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, Italia. 77 p.
- Ruiz M., y A. Guadarrama. 1992. Comportamiento postcosecha del mango (*Mangifera indica* L.) tipo Bocado durante maduración controlada. Rev. Fac. Agron. 18:79-93.
- Sagar V., R., S. Khurdiya D., and A. Balakrishnan K. 1999. Quality of dehydrated ripe mango slices as affected by packaging material and mode of packaging. J. Food Sci. Technol. 36: 67-70.
- SAGARPA. 2005. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. Estadísticas (en línea). Disponible en <http://www.siea.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON.html> (Fecha de consulta: 25 de noviembre del 2005).
- Sánchez I., L. S. Alvarado-Casillas S., O. Rodríguez-García M., E. Martínez-González N., and A. Castillo. 2004. Internalization of bacterial pathogens in tomatoes and their control by selected chemicals. J. Food Prot. 67:1353-1358.
- Selvaraj, Y., E. Raja M., and D. Rawal R. 2000. Biochemical studies on internal breakdown a ripening disorder in mango fruits. Indian J. Hort. 57:183-189.

- Selvaraj, Y., R. Kumar, and K. Pal D. 1989. Changes in sugars, organic acids, lipids constituents and aroma characteristics of ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. J. Food Sci. Technol. 26: 308-313.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2002. Lineamientos para la certificación de buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de manejo en el proceso de producción de frutas y hortalizas para consumo humano en fresco. México 17 p.
- Seymour G., B., N. Diaye M., H. Wainwright, and A. Toker G. 1990. Effects of cultivars and harvest maturity on ripening of mangoes during storage. J. Hortic. I Sci. 65 (4): 479-483.
- Sharp L., J. 1986. Hot-water Treatment for control of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) in mangos. J. Economic Entomol. 79: 706-708.
- Shivashankara K., S., and K. Mathai C. 1999. Relationship of leaf and fruit transpiration rates to the incidence of spongy tissue disorder in two mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. Sci. Hortic. 82:317-323.
- Siller J., G. 1990. Tratamiento hidrotérmico. Memorias del taller regional: manejo postcosecha y desarrollo de exportaciones de frutas y hortalizas. 23 al 27 de Julio. Culiacán, Sinaloa. FAO-SARH.
- Silva S., M., C. Santos E., F. Santos A., I. Rilveria, M. Mendonca R., and E. Alves R. 2004. Influence of 1-Methylcyclopropene on postharvest conservation of exotic mango cultivars. Acta Hort. 645: 565-572.
- Simmons S., L., J. Hofman P., W. Whiley A., and E. Hetherington S. 1998. Effects of leaf: fruit ratios on fruit growth, mineral concentration and quality of mango (*Mangifera indica* L. cv. 'Kensington Pride'). J. Hortic. Sci. Biotechnol. 73: 367-374.
- Singh D., B., and S. Chundawat B. 1991. Post harvest treatments of ripening changes and quality of mango fruits cvs 'Kesar' and 'Amrapali'. Acta Hort. 291:472-478.
- Sisler E., C., and M. Serek. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. Physiol. Plant. 100(3): 577-582.
- SSA (Secretaría de Salud). 1994a. Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Secretaría de Salud. México D. F. 5 p.
- SSA (Secretaría de Salud). 1994b. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para cuenta de bacterias aerobias en placa. Secretaría de Salud. México D. F. 7 p.

- SSA (Secretaría de Salud). 1994c. Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Determinación de Bacterias Coliformes. Técnica del Número Más Probable. Secretaría de Salud. México D. F. 16 p.
- SSA (Secretaría de la Salud). 1994. Norma Oficial Mexicana Modificada NOM-127-SSA1-MOD-1994. Salud Ambiental, Agua para uso y consume humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Secretaría de la Salud. México D.F. 8 p
- Subramanyam H., S. Krishnamurthy, and A. B. Parpia H. 1975. Physiology and biochemistry of mango fruit. *Adv. Food Res.* 21: 223-305.
- Subramanyam H., and K Sebastian. 1970 Effect of succinic acid and 2, 2-dimethyl hydroxide on carotene development in 'Alphonso' mango. *Horticultural Sci.* 5: 160-161.
- Tharanathan R., N., M. Yashoda H., and N. Prabha T. 2006. Mango (*Mangifera indica* L.), "The king of Fruits" an overview. *Food Rev. Int.* (22): 95-123.
- Thomas P., and S. Oke M. 1983. Improvement in quality and storage of 'Alphonso' Mangoes by cold adaptation. *Sci. Hort.* 19:257-262.
- Tucker G., A., and D. Grierson. 1987. Fruit ripening. In the biochemistry of plants a comprehensive treatise (ed. D.D. Davies), Vol. 12, Academic Press, pp. 265-318.
- Vasanthaiah K., N. H., K. Ravishankar V., K. Shivashankara S., L. Anand, P. Narayanaswamy, G. Mukunda, and T. Prasad G. 2006. Cloning and characterization of differentially expressed genes of internal breakdown in mango fruit (*Mangifera indica*). *J. Plant Physiol.* 163: 671-679.
- Vázquez V., V., M. H. Pérez B., S. Salazar G., y E. Becerra B. 2005. Crecimiento, Nutrición y rendimiento del mango 'Ataulfo' com interinjerto de porte bajo 'esmeralda'. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 11 (2): 209-213.
- Vazquez-Salinas C., and S. Lakshminarayana. 1985. Compositional changes in mango fruits during ripening at different storage temperatures. *J. Food Sci.* 50: 1646-1648.
- Wainwright H., and B. Burbage M. 1989. Physiological disorders in mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *J. Hortic. Sci.* 64 (2) 125-135.
- Waldron K., W., C. Smith A., J. Parr A., and L. Parker M. 1997. New approaches to understanding and controlling cell separation in relation to fruit and vegetable texture. *Trends Food Sci. Technol.* 8: 213-221.

- Wang B., G., B. Jiang W., X. Liu H., L. Lin, and H. Wang J. 2006. Enhancing the post-harvest qualities of mango fruit by vacuum infiltration treatment with 1-methylcyclopropane. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 81 (1): 163-167.
- Wang S., J. Tang, and P. Cavalieri R. 2001. Modeling fruit internal heating rates for hot air and hot water treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 22:257-270.
- Wei C., I., S. Huang T., M. Kim J., F. Lin W, L. Tamplin M., and A. Bartz J. 1995. Growth and survival of *Salmonella montevideo* on tomatoes and disinfection with chlorinated water. *J. Food Prot.* 58:829-836.
- WHO (World Health Organisation). 1995. Surveillance Programme. Sixth report of WHO Surveillance Programme for control of foodborne Infections and Intoxications in Europe. FAO/WHO Collaborating Centre for research and training in food hygiene and zoonoses, Berlin. In: <http://www.euro.who.int/foodsafety>. (Fecha de consulta: 30 de octubre del 2006)
- WHO (World Health Organisation). 2005. Database of microbiological specifications for selected Countries Ryan, Tomasino, M. (Eds.) In: <http://www.euro.who.int/foodsafety/microbiological>. (Fecha de consulta: 15 de febrero del 2007).
- Wills R., B. McGlasson, D. Graham, and D. Joyce. 1998. Postharvest of fruit, vegetables and ornamentals. 4th Edition; An introduction to the physiology and Handling. CAB INTERNATIONAL 262 p.
- Woolf A., B., and M. Lay-Yee. 1997. Pretreatments at 38 °C of 'Hass' avocado confer thermotolerance to 50 °C hot water treatments. *HortScience* 32:705-708.
- Yahia E., E., and J. Pedro-Campos. 2000. The effect of hot water treatment used for insect control on the ripening and quality of mango fruit. *Acta Hort.* 509:495-501.
- Yashoda H., M., N. Prabha T., and N. Tharanathan R. 2007. Mango ripening – Role of carbohydrases in tissue softening. *Food Chem.* 102: 691-698.
- Yashoda H., M., N. Prabha T., and N. Tharanathan R. 2006. Mango ripening: changes in cell wall constituents in relation to textural softening. *J. Sci. Food Agric.* 86: 713-721.
- Yu Y., B., O. Adams D., and F. Yang S. 1980. Inhibition of ethylene production by 2,4-dinitrophenol and high temperature. *Plant Physiol.* 66: 286-290.
- Zamora C., E., H. García S., M. M. Montes De O., y B. Tovar G. 2004. Aceleración de la maduración em mango 'Kent' refrigerado. *Rev. Fit. Mex.* 27 (4): 359-366.

APÉNDICE

Apéndice 1. Cambios en respiración, etileno, firmeza, pectínmetilesterasa, poligalactorunasa, pérdida de peso, color interno (Hue interno) y chroma interno durante el proceso de maduración de frutos de mango 'Ataulfo' con (CH) y sin (SH) almacenados a temperatura ambiente (22 ± 2 °C).

VARIABLES	TRAT	DÍAS DE EVALUACIÓN										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CO ₂ (ml kg ⁻¹ h ⁻¹)	CT	40.28bc	39.67bc	48.20abc	56.71ab	62.34 a	57.30ab	50.89abc	42.91abc	47.98abc	40.49bc	33.64c
	ST	24.21cd	21.21d	31.12cd	42.59abcd	64.61ab	68.38 a	66.07 a	63.63ab	61.43ab	50.68abc	38.99bcd
ETILENO (μl kg ⁻¹ h ⁻¹)	CT	24.01 a	26.94 a	26.26 a	26.67 a	26.71 a	27.09 a	19.11 a	25.16 a	23.33 a	28.97 a	28.61 a
	ST	30.82 a	32.58 a	43.58 a	39.27 a	32.88 a	42.52 a	33.52 a	33.68 a	31.04 a	34.43 a	32.95 a
FIRMEZA N	CT	17.26 a	19.42 a	8.51b	4.84b	2.82b	3.03b	1.34b	1.58b	1.47b	1.21b	1.19b
	ST	20.22ab	23.22 a	15.31abc	14.25abc	11.01bcd	4.18cd	1.69d	1.98d	1.40d	1.37d	1.41d
PME mg ⁻¹ 10 ⁻¹	CT	30.14bc	38.77ab	31.45bc	21.32c	47.16 a	29.79bc	25.98c	23.39c	31.96bc	24.28c	28.39bc
	ST	16.15 c	54.66 a	46.43ab	22.31c	20.07c	20.30c	25.42bc	24.00c	25.97bc	28.14bc	25.83bc
PG μl L ⁻¹	CT	170.52f	185.33ef	274.22def	370.52bcd	333.48cde	448.30abc	292.74def	422.37abcd	496.44ab	502.00ab	563.11 a
	ST	107.56d	177.93cd	348.30abc	289.04bcd	359.41abc	352.00abc	544.59 a	418.67ab	546.44 a	529.78 a	529.78 a
PFP (%)	CT	0.00j	1.04ij	2.24hi	3.35gh	4.72fg	6.03ef	7.14de	8.31cd	9.36bc	10.36ab	11.46 a
	ST	0.00j	0.81ij	1.67hi	2.49gh	3.52fg	4.55ef	5.46de	6.43cd	7.40bc	8.19ab	9.10 a
HUE Interno	CT	84.08ab	86.54 a	81.85ab	81.59ab	77.13bc	83.05ab	72.68cd	56.49e	72.93cd	67.56d	69.41d
	ST	86.67 a	83.87abc	84.91ab	83.01abc	82.52abcd	82.31abcd	76.48bcde	57.72f	75.09cde	74.15de	71.44e
CHROMA Interno	CT	38.62bc	37.01c	38.77bc	38.49bc	37.95bc	39.40b	38.04bc	44.92 a	39.71b	21.36d	39.18bc
	ST	38.42b	38.31b	38.59b	39.69b	38.40b	39.64b	38.95b	45.25 a	39.40b	20.76c	38.94b

Apéndice 2. Características de calidad de mango 'Ataulfo' sometido a tratamiento hidrotérmico e hidrogenfriado y almacenamiento refrigerado a 10 y 13 °C o a temperatura ambiente por diferentes periodos

TEM	TRAT	SEAL	DDA	HUE	CHROMA	PFP	FIRMEZA	°BRIX	ACIDEZ	VIT C
10°	C/TH	1	1	96.08bc	30.67jkl	1.89p	9.32bc	14.20ijk	2.43ab	16.41cdefghi
			2	78.85ghijklm	33.38efghij	6.06klm	2.69cd	16.95fghi	1.37cdef	9.30ghi
			3	72.34klmn	34.90abcdefg	10.81defgh	1.40d	16.7fghi	0.43ijkl	5.24i
	S/TH	1	1	109.09 a	31.40hijkl	1.60p	20.74 a	11.28k	2.65 a	18.44abcdefg
			2	97.27bc	32.06ghijkl	5.22lmno	4.67cd	17.83cdefghi	1.65cd	9.30ghi
			3	74.88jklmn	36.90ab	9.66efghij	1.37d	20.45abcdef	0.35kl	5.75hi
	C/TH	2	1	93.63dc	31.48hijkl	3.47mnop	7.27cd	16.73fghi	1.59cde	11.33efghi
			2	79.86hijkl	33.40efghij	7.68ijkl	1.88d	16.90fghi	1.00efghi	15.40efghi
			3	73.34klmn	34.00cdefghi	12.66bcde	1.25d	18.25cdefgh	0.61hijkl	18.44abcdefg
	S/TH	2	1	104.35ab	30.40kl	2.56op	14.55ab	15.83ghij	1.47cdef	17.43cdefghi
			2	86.71defgh	34.58abcdefg	5.92klmn	3.44cd	18.05cdefghi	1.14defgh	16.92cdefghi
			3	71.94lmn	36.93ab	9.94efghij	1.25d	20.13abcdef	0.53ijkl	15.40defghi
	C/TH	3	1	88.84cdef	32.05ghijkl	3.94mnop	5.01cd	17.98cdefghi	1.63cd	18.44abcdefg
			2	80.68fghijk	33.66efghi	7.37ijkl	2.32d	17.30efghi	0.98ghij	18.44abcdefg
			3	73.90jklmn	34.50abcdefg	11.87cdef	1.32d	17.50efghi	0.37kl	16.92cdefghi
	S/TH	3	1	96.90bc	32.04ghijkl	3.80mnop	14.65ab	17.75defghi	1.71cd	18.44abcdefg
			2	82.08fghij	35.68abcdef	7.26jkl	1.85d	19.70abcdefg	0.71ghijkl	18.95abcdefg
			3	74.05jklmn	36.54abcd	11.35defg	1.43d	21.13abcde	0.27l	14.89efghij
13°	C/TH	1	1	94.11dc	31.18ijkl	2.68op	5.76cd	15.08hijk	1.80c	17.94bcdefghi
			2	78.21hijklmn	33.67defghi	6.43klm	1.59d	17.48efghi	0.90fghijk	10.32fghi
			3	72.17lmn	34.67abcdefg	10.82defgh	1.25d	16.95fghi	0.37kl	8.79ghi
	S/TH	1	1	104.26ab	29.86l	2.94nop	15.37ab	12.25jk	1.86bc	14.38defghi
			2	86.78defg	33.26fghijk	6.45klm	3.03cd	18.28cdefgh	1.27cdefg	13.37defghi
			3	71.13mn	37.16 a	10.74defgh	1.30d	20.63abcdef	0.24l	8.79ghi
	C/TH	2	1	83.83efghi	33.82cdefghi	6.46klm	2.45d	18.23cdefghi	1.37cdefg	16.92cdefghi
			2	78.19ijklmn	34.63abcdefg	10.32defghi	1.55d	18.73bcdefgh	0.63hijkl	9.30ghi
			3	73.36klmn	33.91cdefghi	14.72abc	1.17d	18.93bcdefgh	0.27l	24.03abcde
	S/TH	2	1	91.35cde	32.72ghijkl	5.53lmno	3.69cd	17.68defghi	1.67cd	16.92cdefghi
			2	75.72ijklmn	36.55abc	8.79ghijk	1.26d	20.58abcdef	0.51ijkl	13.37defghi
			3	70.10n	36.20abcde	12.50bcdef	1.17d	21.80abc	0.25l	30.63ab
	C/TH	3	1	76.20ijklmn	33.32fghij	9.54fghij	1.83d	19.78abcdefg	0.88fghijk	23.02abcdef
			2	74.13jklmn	33.87cdefghi	13.13bcd	1.10d	18.43bcdefgh	0.39jkl	24.54abcd
			3	74.05jklmn	36.54abcd	17.69 a	1.19d	19.75abcdefg	0.20l	31.14 a
	S/TH	3	1	79.64ghijkl	34.10bcdefgh	8.14hijkl	1.59d	22.33ab	0.90fghijk	28.60abc
			2	75.48ijklmn	34.89abcdefg	11.28defg	0.84d	21.63abcd	0.27l	20.98abcdefg
			3	70.37mn	34.58abcdefg	15.09ab	1.28d	22.93 a	0.25l	23.02abcdef