

TRATAMIENTO TÉRMICO PARA CONTROL DE ANTRACNOSIS (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc) PARA MEJORAR CALIDAD DE FRUTOS DE MANGO (*Mangifera indica* L.) cv. ATAULFO

THERMAL TREATMENT FOR CONTROLLING CANKER (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc) AND IMPROVING THE QUALITY OF MANGO FRUITS (*Mangifera indica* L.) CV. ATAULFO

Ariza-Flores, R.¹, Michel-Aceves, A.², Barrios-Ayala, A.¹, Otero-Sánchez, M.O.², Avendaño-Arrazate, C.H.³, López-López, P.S.⁴

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Iguala, Gro. ²Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Iguala, Gro., ³INIFAP Rosario Izapa, Chis., ⁴INIFAP Valles Centrales de Oaxaca, Oaxaca.

Autor de correspondencia: arizafr77@hotmail.com

RESUMEN

La antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc) es la enfermedad principal en postcosecha de los frutos de mango (*Mangifera indica* L.) y ocasiona cuantiosas pérdidas económicas. El estudio consistió en evaluar el agua caliente y benomilo y combinados para la inmersión de los frutos en el control de la antracnosis y su efecto en la calidad física, bioquímica y de sanidad de los frutos de mango cultivar Ataulfo. Los tratamientos fueron la inmersión en agua caliente a 51 °C por 14 min, y benomilo a 1 g i.a L⁻¹ de agua, combinados y el testigo, bajo un diseño experimental de completamente al azar. Los frutos tratados a 51 °C por 14 min mantuvieron la sanidad, calidad bioquímica, física y prolongó la vida de anaquel hasta 13 días, registrando control del desarrollo de la antracnosis. El resto de los tratamientos generaron daños severos, aceleraron la maduración y senescencia de los frutos. Por tal motivo, se puede aplicar a los frutos como un tratamiento físico fungistático, sin presentar riesgos al consumidor.

Palabras clave: Mango cv. Manila, agua caliente, enfermedad postcosecha.

ABSTRACT

Canker (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc) is the principal post-harvest disease in mango fruits (*Mangifera indica* L.) and causes high economic losses. The study consisted in evaluating hot water and benomyl, and combined, for the immersion of fruits in the control of canker and its effects on the physical, biochemical and sanitary quality of the mango fruits Ataulfo cultivar. The treatments were immersion in hot water at 51 °C for 14 min, and benomyl at 1 g i.a L⁻¹ of water, combined and control, under a completely random experimental design. The fruits treated at 51 °C for 14 min maintained the sanitary, biochemical and physical quality, and the shelf life was prolonged up to 13 days, showing control of canker development. The rest of the treatments generated severe damage, and accelerated maturation and senescence of the fruits. Because of this, it can be applied to fruits as a fungistatics treatment, without presenting risks to the consumer.

Keywords: Mango cv. Manila, hot water, post-harvest disease.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 1, enero, 2018, pp. 72-79.

Recibido: mayo, 2017. **Aceptado:** noviembre, 2017.

INTRODUCCIÓN

El centro del origen y la diversidad del género *Mangifera* se ubica en Asia Suboriental (Bompard, 1993). Actualmente, se identifican a más de mil cultivares vegetativos propagados (Alemu *et al.*, 2014). Los principales productores a escala mundial son los países asiáticos y México, siendo India el más importante, ya que participa con 50.7% del total de la producción mundial. México se ubica en los primeros lugares como productor de mango en el mundo, CON más de 1.4 millones de toneladas métricas (t) anuales (Swart, 2010). El mango, cultivar Ataulfo es una especie importante y seleccionada de México, cubre 30% de la superficie producida y tiene amplia comercialización en el mercado nacional y externo; sin embargo, existen limitantes sanitarias de tipo cuarentenario que pueden restringir su comercio debido a hongos e insectos perjudiciales en los frutos. Las pérdidas de la producción ocasionados por el ataque de patógenos oscilan entre 17% y 36%, ya que ocurre la infección en precosecha o poscosecha y su control necesita de un manejo integral (Haggag, 2010). Actualmente existen varios métodos de control que incluyen tratamientos químicos y físicos (temperaturas bajas y altas, irradiaciones, atmósferas modificadas y controladas, entre otros). Los cultivares Alphonso y Ataulfo están bien posicionados en los mercados del mundo (Lebrun *et al.*, 2008), y son fuente de ácido ascórbico, carotenoides, compuestos fenólicos, y otros compuestos nutraceuticos (Talcott *et al.*, 2005), resaltando el el cultivar Nam Dok Mai, con un contenido de fenoles totales de 3.42 mg (Gorintestein *et al.*, 2010). En poscosecha, la principal enfermedad de los frutos de mango es la antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz); y se manifiesta con manchas pardo oscuras o negras, las cuales crecen y van formando otras más grandes y hendidas (Sangeetha y Rawal, 2008). Los frutos infectados maduran prematuramente (Haggag, 2010), momifica a los fisiológicamente inmaduros, o bien, el patógeno queda latente en los frutos, y los síntomas aparecen durante el almacenamiento y mercadeo; sobre todo, en frutos en madurez de consumo (Alemu *et al.*, 2014). La entrada del microorganismo se da a través de las heridas, pero esto puede ocurrir por medio de la cutícula y aberturas naturales de la superficie del fruto. El hongo es diseminado por la lluvia y requiere de alta humedad para su desarrollo (Arauz, 2000). Algunos estudios de la antracnosis del mango en Filipinas determinaron el uso de una membrana de celulosa en el fruto y superficies de la hoja (Estrada, 1994). Los conidios germinan y forman tubos del germen polínico durante 3-8 horas a temperaturas de 20 °C a 30 °C, y este tiempo aumenta conforme reduce la temperatura (Dodd *et al.*, 1991; Arauz, 2000). Para disminuir el problema de la enfermedad en poscosecha es importante aplicar un sistema integral de control en precosecha, tal como la realización de la cosecha en el momento adecuado y la fruta con parte del pedúnculo, evitar los daños mecánicos, mantener la fruta en la temperatura más adecuada, y utilizar tratamientos de control adecuados (Gutiérrez, 2001). La aplicación de fungicidas en precosecha y poscosecha fue una forma común y efectiva (Eckert y Brown, 1985); sin embargo, aceleró el proceso de resistencia del hongo a la aplicación de los fungicidas, por lo que el tiempo de aplicación fue crítico para lograr un control efectivo. El benomilo™ se utilizó a concentraciones de 60 a 80 g por 100 litros (L) de agua, con una tolerancia de 3 mg kg⁻¹, pero no fue aceptado por autoridades de EUA (Jonhson y Hofman, 2009). El captán™ se utiliza a

concentraciones de 250 a 350 g por 100 L de agua con una tolerancia de 50 mg kg⁻¹; Akem (2006) recomienda la aplicación de los fungicidas benomilo o mancozeb™ a dosis de 5-10 g y 48 g en 20 L de agua, respectivamente. Los compuestos de cobre (sulfato tribásico de cobre y sulfato de cobre pentahidratado) se usan con una concentración de 400 g por 100 L de agua y son exentos de la tolerancia; el thiabendazol se utiliza en postcosecha a concentraciones de 250-500 mg kg⁻¹ (Gutter, 1981); y el prochloraz en aspersión (Arauz, 2000). Las estrategias para el control de las enfermedades del mango en postcosecha son aspersiones en campo para reducir infecciones latentes de *C. gloeosporioides* y el tratamiento de la fruta con fungicidas en agua caliente después de cosecha para erradicar las infecciones latentes (Spalding y Reeder, 1986); también se demostró que la antracnosis fue controlada y se extendió la vida de almacenamiento cuando se agregaron tiabendazol o benomil (1000 mg L⁻¹) en agua caliente (Prusky *et al.*, 1983). Otros estudios mostraron que el benomil (500-1000 mg L⁻¹) con la inmersión en agua caliente a 52 °C controló satisfactoriamente la antracnosis con menos daños por calor en el fruto (Spalding y Reeder, 1986) y suelen ser efectivos inmediatamente después de la cosecha con la combinación de agua caliente de entre 50 °C a 55 °C por 2 a 5 min de inmersión (Kefialew y Ayalaw, 2008). Las aplicaciones postcosecha de imazalil™ y etaconazol™ proporcionaron un buen control de la antracnosis durante el almacenamiento y maduración de los frutos (Akem, 2009).

Los tratamientos térmicos se utilizan desde hace muchos años (antes

del uso común de los pesticidas). Los frutos se sumergen en agua a temperaturas de 50 °C a 55 °C hasta por 15 min. Las temperaturas mayores de 52 °C pueden causar daños a la fruta, dependiendo del periodo de exposición; sin embargo, el tratamiento a 60 °C por 10 min produjo escaldaduras (Thompson, 1987). Los tratamientos térmicos para el control de enfermedades demostraron ser poco prácticos y más caros comparados con el uso de fungicidas; sin embargo, las restricciones en el uso de pesticidas y aunado al reciente desarrollo de los tratamientos térmicos para el control de insectos pueden influir en el uso racional de estos tratamientos a nivel comercial. La resistencia natural a la antracnosis no se desarrolla bien y ofrece una pequeña oportunidad de que ocurra esto, por lo que Peterson (1986) evaluó la resistencia en varios cultivares de mango 'Carrie', 'Carabao' como susceptibles, mientras que 'Tommy Atkins' y 'Saigon' se determinaron como resistentes a la antracnosis, siendo algunas de estas selecciones generadas del 'Kensington' por ser moderadamente resistente, aunque está claro que hay diferencias en susceptibilidad, sobre todo cuando se introducen cultivos exóticos en las nuevas áreas, parece poco probable encontrar la verdadera resistencia existente en el desarrollo del cultivo y producción comercial. El presente estudio evaluó tratamientos de inmersión en agua caliente y fungicidas sintéticos, solos y en combinación para el control de la antracno-

sis *Colletotrichum gloeosporoides* (Penz.) Penz & Sacc, y su efecto en las calidades física, bioquímica y sanidad de los frutos de mango cultivar Ataulfo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de mango 'Ataulfo' fueron obtenidos de un huerto comercial de San Luis San Pedro, en Tecpan de Galeana, Guerrero, México, de la producción y cosecha del mes de agosto. Estos fueron llevados al laboratorio fisiología y bioquímica de frutos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en Iguala, Gro. Los frutos fueron lavados y seleccionados por apariencia física y de tamaños uniformes, de los cuales se tomó una muestra de 10 frutos para realizar la prueba inicial de calidad. De los frutos de mango seleccionados (Figura 1) se formaron cuatro lotes de 40 frutos cada uno para que se les aplicaran los tratamientos si-

guientes: 1) Inmersión en un termo baño de agua caliente a 51 °C por 14 min+Inmersión en benomilo a 1 g i.a. L⁻¹ de agua (AC+Ben); 2) Inmersión en benomilo (Ben) a 1 g i.a. L⁻¹ de agua; 3) Inmersión en agua caliente a 51 °C por 14 min; y, 4. Testigo, sin aplicación. Los frutos fueron almacenados a 25 °C. De los lotes formados por tratamientos, se tomaron muestras de 10 frutos a los 2, 5, 9 y 13 días de almacenamiento para realizar los análisis de las pruebas de calidad de los frutos y el desarrollo de maduración. La maduración se determinó al tacto con la siguiente escala: 1=Duro; 2=Ligeramente maduro o intermedio; 3=Madurez de consumo; y, 4=Frutos en senescencia. La sanidad se midió con la escala propuesta por Miller y McDonald (1991): 1) Sin daño; 2) Son trazas con <2% de la cáscara afectada; 3) Daño ligero, entre 3 y 10% de la cáscara afectada; 4) Daño moderado, entre 11



Figura 1. Frutos comerciales de mango (*Mangifera indica* L.) cv. ATAULFO usados en la evaluación al inicio del experimento.

y 20% de la cáscara afectada; y, 5) Daño severo, con >21 % de la cáscara afectada.

El peso de los frutos fue obtenido al inicio y en cada fecha de muestreo con una balanza granataria de 500 g marca Ohaus y fue determinado en gramos (g) para que se obtuviera la pérdida de peso expresado en porcentaje. En la determinación de la firmeza fueron separados alrededor de 3 cm² de la cutícula a una profundidad de 2 mm en la porción media del fruto, donde se hizo la determinación con un Penetrómetro Universal mod. TS-7315 BA-3 de la Petroleum Instrument Company y de puntal cónico; los datos fueron expresados en Newtons sobre cm² (N cm⁻²).

El color fue determinado en la porción media de los frutos en la cáscara y pulpa, con un espectrofotómetro Minolta mod. cm-2600d Ver. 1.21; los valores indicados fueron de luminosidad (L), cromaticidad (a, b) y ángulo de matiz (h*). El pH se determinó a una muestra de 20 g de pulpa con el potenciómetro (pH meter, mod. 420A Orión). El total de sólidos solubles (°Brix) fue determinado con el refractómetro digital (marca Atago PR-201), de acuerdo con el método descrito por la A.O.A.C (2005). La acidez titulable fue determinada por medio del método de la A.O.A.C (2005) y fue expresado en porcentaje de ácido cítrico. El diseño experimental aplicado fue completamente al azar con 10 repeticiones, para realizar la prueba de análisis de la varianza y comparación de medias de diferencia mínima significativa, por lo que se aplicó el programa estadístico SAS 6.03 (2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 presenta resultados de calidad física, bioquímica y sanidad de los frutos de mango 'Ataulfo' (Figura 2). Para el desarrollo de madurez de los frutos fueron altamente significativos ($p \leq 0.01$) dos días de almacenamiento, ya que los que estuvieron en agua caliente y el testigo mostraron una maduración más rápida, lo cual coincide con lo reportado en mango Tommy Atkins (Sivakumar *et al.*, 2011; Almeida *et al.*, 2016); sin embargo, no hubo diferencias significativas para los 5, 9 y 13 días de almacenados los frutos (Cuadro 1), ya que el proceso de madura-

ción fue similar entre los tratamientos. En otros cultivares se ha demostrado que el agua caliente acelera el proceso de maduración; sin embargo, demostró el mismo comportamiento que los frutos con benomilo, en agua caliente con benomilo y el testigo, por lo que en mango de los cultivares 'Haden', 'Manila' y 'Oro' se demostró un proceso acelerado de la maduración (Sharp, 1986). En cuanto a la sanidad de los frutos (Cuadro 1), fueron altamente significativos ($p \leq 0.01$) a los 5, 9 y 13 días de almacenamiento. Aquellos con agua caliente mostraron daños ligeros en la cáscara (1.8) a los 9 y 13 días; sin embargo, estos fueron de ligeros a moderados en frutos con agua caliente+benomilo, benomilo y el testigo a los nueve días y de moderados a altos a los 13 días, mientras que con la inmersión en agua caliente se detuvo el desarrollo del hongo causante de la antracnosis; por lo tanto, los resultados



Figura 2. Efecto de los tratamientos en frutos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. ATAULFO con tratamiento térmico y químico para control de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc).

Cuadro 1. Resultados de calidad de los frutos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. ATULFO con tratamiento térmico y químico para control de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc).

DIA	TRAT.	MAD.	SAN.	SST	pH	AT	Firmeza	PP
				(°Bx)		(%)	(N cm ⁻²)	(%)
0	Inicio	1.0	1.0	7.0	2.3	0.6	87.3	0.0
	AC + Ben	2.0 b	1.0 b	20.6 a	2.6 a	0.6 a	158.3 ab	8.8 a
	Ben	2.0 b	1.0 b	20.1 a	2.7 a	0.6 a	151.8 b	9.8 a
	AC	2.4 a	1.0 b	22.2 a	2.7 a	0.6 a	173.7 a	9.9 a
	Testigo	2.6 a	1.2 a	20.6 a	2.6 a	0.5 a	168.3 a	8.8 a
	Cv	16.2	20.0	13.7	6.3	2.9	10.8	20.4
	DS	**	NS	NS	NS	NS	*	NS
	Promedio	2.2	1.0	20.9	2.6	0.6	163.2	9.3
2	DMS	0.3	0.1	2.5	0.1	0.1	16.0	1.73
	Ac+Bc	3.0 a	1.0 c	23.6 a	3.8 b	0.6 b	174.0 a	11.2 b
	Ben	3.0 a	2.2 b	24.3 a	3.8 b	0.6 b	152.0 b	17.2 a
	Ag. Cal.	3.0 a	1.0	23.6 a	3.9 a	0.6 a	173.5 a	12.9 ab
	Testigo	3.0 a	2.6 a	29.1 a	3.8 ab	0.6 a	181.2 a	11.48 b
	Cv	0.0	34.0	34.3	2.4	2.6	9.9	38.1
	DS	NS	**	NS	**	**	**	*
	Promedio	3.0	1.2	25.2	3.8	0.6	170.2	13.2
5	DMS	0.0	0.3	7.8	0.1	0.0	15.3	4.5
	Ac+Be	3.3 a	2.0 a	26.8 ab	4.4 c	0.6 ab	213.3 a	23.5 a
	Ben	3.3 a	3.6 a	24.4 c	4.5 b	0.6 a	213.0 a	21.1 a
	Ag. Cal.	3.1 a	1.8 a	25.3 bc	4.5 a	0.6 ab	224.0 a	20.7 a
	Testigo	3.2 a	3.2 b	27.4 a	4.4 c	0.6 a	203.8 a	21.1 a
	Cv	13.3	66.5	7.0	1.1	4.4	10.7	30.4
	DS	NS	**	**	**	*	NS	NS
	Promedio	3.2	2.1	26.0	4.4	0.6	213.5	21.6
9	DMS	0.3	1.2	1.6	0.0	0.0	20.7	5.9
	Ac+Ben	3.5 a	3.7 a	27.1 a	4.4 c	0.6 b	224.5 a	20.8 a
	Ben	3.3 a	4.0 a	24.1 ab	4.5 b	0.6 ab	212.6 a	18.1 a
	Ag. Cal.	3.5 a	1.8 b	23.7 b	4.6 a	0.6 a	213.4 a	18.1 a
	Testigo	3.5 a	4.2 a	24.7 ab	4.3 d	0.6 b	196.9 a	14.9 a
	Cv	14.9	45.5	13.7	0.7	4.4	14.5	61.3
	DS	NS	**	NS	**	*	NS	NS
	Promedio	3.4	3.1	24.9	4.4	0.6	211.8	18.0
13	DMS	0.4	1.3	3.1	0.0	0.0	27.8	10.0

DA=Días de almacenamiento a 25 °C. AC=Agua caliente a 51 °C por 14 min; Ben=Benomilo a 1 g i.a L⁻¹ agua, Cv=Coefficiente de variación; DS=Nivel de significancia; DMS=Prueba de medias de diferencia mínima significativa, Luminosidad*, b*=Cromaticidad; h*=Ángulo de matiz, SST=Sólidos solubles totales, AT=Acidez titulable; Pp=Pérdida de peso, Mad.=Madurez de los frutos, San.=Sanidad de los frutos.

coinciden con Aveno y Orden (2004), quienes señalan que el agua caliente >50 °C influye en el control de enfermedades en poscosecha de los frutos.

El color del epicarpio (cáscara) de los frutos hubo diferencias estadísticas altamente significativas (p≤0.01) en L, a* y h* para los dos días de almacenados y no se de-

mostraron en b*; también hubo cambios significativos (p≤0.05) en L, a* y b* a los 13 días (Cuadro 2). Para 5 y 9 días de almacenamiento no hubo diferencias. Sin embargo, entre fechas de muestreo y durante el almacenamiento se observan cambios de disminución en L, a*, b* y h*. Los cambios de color en la cáscara son por el desarrollo de la maduración que cambia de verde olivo

Cuadro 2. Color de frutos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. ATAULFO con tratamiento térmico y químico para control de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc).

DA	TRAT.	COLOR CÁSCARA				COLOR PULPA			
		L	a	b	h*	L	a	b	h*
0	Inicio	62.8	-5.6	42.9	82.4	81.2	6.5	52.2	82.8
2	AC+Ben	68.5 b	9.4 c	52.1 a	79.8 a	72.0 a	17.2 ab	66.3 a	75.4 ab
	Ben	72.1 a	11.9 bc	53.6 a	76.9 ab	72.6 a	16.1 b	66.5 a	76.3 a
	AC	69.1 b	14.6 ab	53.7 a	74.6 b	72.5 a	17.4 ab	66.4 a	75.2 ab
	Testigo	68.8 b	16.2 a	56.0 a	73.7 b	71.4 a	18.8 a	67.3 a	74.3 b
	Cv	3.9	23.5	9.4	4.6	5.1	16.2	3.7	2.9
	DS	**	**	NS	**	NS	NS	NS	NS
	Promedio	69.7	13.0	59.9	76.3	72.1	17.4	66.7	75.3
	DMS	2.4	2.7	4.6	3.2	3.3	2.5	2.2	1.9
	5	Ac+Bc	69.2 a	19.7 a	56.1 a	70.6 a	66.4 a	26.7 bc	66.2 b
Ben		69.5 a	19.5 a	57.0 a	71.0 a	67.6 a	26.4 c	67.9 a	68.7 a
Ag. Cal.		69.1 a	19.2 a	56.9 a	71.4 a	66.2 ab	28.8 ab	66.5 b	66.3 bc
Testigo		68.5 a	20.3 a	56.3 a	70.0 a	63.6 b	29.8 a	66.7 ab	65.8 c
Cv		2.7	10.4	4.6	2.5	4.4	8.9	2.2	2.9
DS		NS	NS	NS	NS	*	**	NS	**
Promedio		69.1	19.7	56.6	70.8	65.9	27.9	66.8	67.2
DMS		1.7	1.7	2.4	1.6	2.6	2.2	1.3	1.7
9	Ac+Be	57.6 a	19.0 a	44.5 a	64.7 a	61.9 b	32.1 a	65.2 a	63.7 a
	Ben	56.1 a	17.7 a	43.6 a	66.2 a	62.6 b	31.7 a	62.8 a	63.6 a
	Ag. Cal.	64.4 a	21.4 a	51.2 a	67.3 a	65.7 ab	30.7 a	65.5 a	64.8 a
	Testigo	62.1 a	20.8 a	53.7 a	65.3 a	67.8	30.7 a	66.7 a	65.1 a
	Cv	19.7	33.1	36.5	10.2	8.3	18.9	8.5	5.8
	DS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
	Promedio	60.0	19.7	48.3	65.9	64.5	31.3	65.0	64.3
	DMS	10.7	5.9	15.9	6.1	4.8	5.3	5.0	3.4
13	Ac+Ben	56.4 ab	17.1 ab	41.7 b	64.6 a	61.0 a	30.8 ab	66.0 ab	64.9 a
	Ben	58.2 ab	20.7 ab	49.1 a	65.4 a	61.3 a	31.2 ab	63.1 ab	63.8 a
	Ag. Cal.	64.7 a	23.1 a	50.8 a	64.4 a	61.1 a	32.4 a	68.1 a	64.1 a
	Testigo	51.6 b	15.3 b	34.9 a	61.4 a	54.4 a	27.9 b	57.7 b	64.2 a
	Cv	23.9	36.6	43.7	11.76	16.5	15.7	15.3	3.3
	DS	*	*	*	NS	NS	NS	NS	NS
	Promedio	57.7	19.1	44.1	64.0	59.4	30.6	63.7	64.3
	DMS	12.5	6.3	17.5	6.8	8.9	4.3	8.8	1.9

DA=Días de almacenamiento a 25 °C. AC=Agua caliente a 51 °C por 14 min; Ben=Benomilo a 1 g i.a L⁻¹ agua, Cv=Coefficiente de variación; DS=Nivel de significancia; DMS=Prueba de medias de diferencia mínima significativa, L=luminosidad; a*, b*=Cromaticidad; h*=Ángulo de matiz.

a amarillo del mango 'Ataulfo' por la pérdida de clorofila, que se puede acelerar por la inmersión de los frutos en el agua (Jacobi y Wong, 1991) y el grado de infección del hongo (Spalding *et al.*, 1988). El color de la cáscara del mango 'Ataulfo' fue un amarillo intenso sin daños por el hongo.

En el color del mesocarpio (pulpa) de los frutos hubo diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) en a* y h* para los 5 días y en L* ($p \leq 0.05$) para los 5 y 9 días de almacenados, pero no se demostraron en b* (Cuadro 2). Para 2 y 13 días de almacenamiento no hubo diferencias. Sin embargo, entre fechas de muestreo y durante

el almacenamiento se observaron cambios de disminución en L, b* y h*, mientras que a* aumentó el cambio de color, favorecido por el proceso de maduración normal. Las modificaciones de color en la pulpa ocurren conforme al desarrollo de la maduración, la cual es consistente en los frutos, por lo que tienen muy poco efecto por la inmersión de los frutos en el agua caliente (Jacobi y Wong, 1991), pero sí ocurren cambios en los carotenoides por avances en la madurez (Kader y Mitcham, 2008); sin embargo, el grado de infección del hongo no afecta a la pulpa (Nelson, 2008). El color de la pulpa del mango 'Ataulfo' fue amarillo intenso y se demostró por el ángulo de matiz, que varió de 76 a 64 durante el almacenamiento.

La firmeza de la pulpa de los frutos demostró cambios altamente significativos para dos y cinco días; sin embargo, a los 9 y 13 días no se registraron cambios (Cuadro 1). Entre fechas de muestreo, los frutos en agua caliente mostraron mayor firmeza en la pulpa a los 2, 5, 9 y 13 días; y los frutos en agua caliente+benomilo, benomilo y testigo mostraron menor firmeza. Por lo tanto, el agua caliente demostró mayor vida de anaquel, ya que detiene el desarrollo del hongo y no acelera el proceso de maduración y senescencia (Jacobi y Wong, 1991; Yahia y Campos, 2000); además, los frutos de mango 'Ataulfo' contienen más fibra, que favorece mayor vida de anaquel (Avendaño *et al.*, 2011).

Las pérdidas de peso de los frutos fueron significativas ($p \leq 0.05$) a los cinco días de almacenados; no mostraron diferencias estadísticas a los 2, 9 y 13 días (Cuadro 1). Los frutos en agua caliente perdieron menos peso con respecto a

los expuestos en agua caliente+benomilo, benomilo y del testigo, aunque los primeros perdieron peso, estos registraron valores cercanos al testigo. El efecto del agua caliente en el control del hongo, favorece la aceptación de los frutos en los mercados, dependiendo del daño por el hongo (Arauz, 2000; Sanggeetha y Rawal, 2008).

Los sólidos solubles totales fueron altamente significativos ($p \leq 0.01$) a los 9 y 13 días de almacenados; sin embargo, los cambios de °Brix no fueron significativos a los dos y cinco días. Al momento de la cosecha los frutos tuvieron 7.0 °Brix, por lo que hubo cambios muy altos a los 2, 5, 9 y 13 días (Cuadro 1), ya que fueron en promedios de 20.9, 25.2, 26.0 y 24.9 °Brix, respectivamente. Esto demuestra que los frutos de mango 'Ataulfo' tienen un alto contenido de azúcares reductores, y el agua caliente afectó menos que el resto de los tratamientos, los cuales se deben a cambios por síntesis acelerada de hidrólisis del almidón (Jacobi y Wong, 1991; Kader y Mitcham, 2008). El hongo tiene un efecto en la formación de los azúcares reductores, pero al final del tiempo de almacenamiento disminuyeron con respecto al testigo (Spalding *et al.*, 1988). El pH mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) a los 5, 9 y 13 días, pero no hubo cambios a los dos días de almacenamiento. El pH fue aumentando desde 2.3 al momento de la cosecha a 2.6, 3.9, 4.5 y 4.5 a los 2, 5, 9 y 13 días; y los frutos con agua caliente registraron pH ligeramente mayor comparado con el resto de los tratamientos (Jacobi y Wong, 1991).

La acidez titulable mostró cambios significativos ($p \leq 0.01$) a los cinco días y hubo ligeros cambios ($p \leq 0.05$) y disminución para los 9 y 13 días de almacenamiento, aunque después de los dos días no hubo cambios mayores (Cuadro 1). El contenido de ácido cítrico fue mayor en los frutos con agua caliente; le siguieron frutos testigo, agua caliente+benomilo y benomilo. Por lo tanto, se demuestra que el agua caliente ayudó a prolongar la vida de anaquel (Jacobi y Wong, 1991).

CONCLUSIONES

La inmersión de los frutos en agua caliente a 51 °C por 14 min mantiene la calidad y prolonga la vida de anaquel de frutos comerciales de mango 'Ataulfo'; además, controla el desarrollo de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporoides*); por lo tanto, se puede aplicar a frutos como un tratamiento fungistático sin que se presenten riesgos al consumidor.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 2005. Association of Official Analytical Chemist Methods of Analysis. 15th Ed. Washington, D.C.
- Akem C.N. 2006. Mango anthracnose disease: Present status and future research priorities. *Journal of Plant Pathology*, 5(3):266-273.
- Alemu K., Ayalew A., Woldesadic K. 2014. Evaluation of antifungal activity of botanicals for postharvest management of mango anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). *International Journal of Life Science*, 8(1):1-6.
- Almeida A.C., Durigan J.F., Marques K.M., Ascari C.M, Ferraudo A.S. 2016. Prevention of chilling injury in 'Tommy Atkins' mangoes previously stored at 5 °C using heat treatment and radiation UV (UV-C). *Rev. Bras. Frutic.*, 18(1): doi.org/10.1590/0100-2945-123/14.
- Arauz I. 2000. Mango anthracnose: Economic impact and current options for integrated management. *Plant disease*, 84:600-611.

- Avendaño-Arrazate C.H., Sandoval-Esquiviez A., Gallardo-Méndez A., Mendoza-López A., López-Navarrete M.C., López-García G., Ariza-Flores R., Palacio-Martínez V., Aguirre-Medina J.F. 2011. Mango: Diversidad en México. Primera Edición. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chis. 106 p.
- Aveno J.L., Orden M.E. 2004. Hot water treatment of mango: A study of four export corporations in the Philippines, 4(1) ISSN:1685-2044.
- Bompard J.M. 1993. The genus *Mangifera* rediscovered: the potential contribution of wild species to mango cultivation. *Acta Horticulturae* 341:69-77.
- Dodd J.C., Agnate R.B., Matcham J., Koomen I., Jeffries P., Jeger M.J. 1991. Pre- and postharvest control of mango anthracnose in the Philippines. *Plant pathology* 40:576-583.
- Eckert J.W., Brown G.E. 1985. Decay control. In *Fresh Citrus Fruits and Vegetables*, ed. W.F. Wardowski, S. Nagy, W. Grierson. Westport. CT: Avi Publ. Co.
- Estrada A.B. 1994. Epidemiology and control of mango anthracnose. Unpublished PhD Thesis, University of Kent, Canterbury. Pág. 176.
- Gorinstein S., Poovarodom S., Leontowics H.M., Namiesnik J., Suchada V. 2010. Antioxidant properties and bioactive constituents of some rare exotic Thai fruits and comparison with conventional fruits, *in vitro* and *in vivo* studies. *Food Research International*, doi:10.1016/j.foodres.2010.10.009.
- Gutiérrez J.G. 2001. Manejo Integrado de la Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) del Mango en Postcosecha. Tesis Doctor en Ciencias, Colegio de Postgraduados.
- Gutter Y. 1981. Investigations on new postharvest fungicides: Israel. *Proc. int. Soc. Citric*. 2:810-11.
- Haggag W.M. 2010. Mango disease in Egypt. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(3):285-289.
- Jacobi K.R., Wong L.S. 1991. The injuries and changes in repining behaviour caused to Kesington mango by hot water treatment. *Acta Horticulturae*, 291:372-378.
- Johnson G.I., Hofman P.J. 2009. Postharvest technology and quarantine treatments. In: Litz, R.E. (ed) *The Mango: Botany, Production and Uses*. 2nd edition, CAB International, UK.
- Kader A., Mitcham B. 2008. Optimum procedures for ripening mangoes, *Fruit Ripening and Ethylene Management*: 47-48, Univ. Calif. Postharvest Technology Research and Information Center Publication Series #9. http://postharvest.ucdavis.edu/Pubs/Pub_Desc_9.pdf.
- Kefialew Y., Ayalew A. 2008. Postharvest biological control of anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) on mango (*Mangifera indica*). *Postharvest Biology and Technology*, 50:8-11.
- Lebrun M., Plotto A., Goodner N. Ducamp M.N., Baldwin F. 2008. Discrimination of mango fruit maturity by volatiles using electron nose and gas chromatography. *Postharvest Biology and Technology*, 48:122-131.
- Miller W.R., McDonald R.E. 1991. Quality and stored 'Marsh' and 'Ruby Red' grapefruit after high temperature, forced-air treatment. *HortScience*, 26:1188-1991.
- Nelson S.C. 2008. Mango anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). *Plant Disease*, 48:1-9.
- Peterson R.A. 1986. Mango diseases. *Proceedings of the CSIRO 1st Australian Mango Research Workshop*. CSIRO, Cairns, Australian. Pp. 233-247.
- Prusky D., Y Fuchs., Yanko U. 1983. Assessment of latent infections as a basis for control of postharvest disease of mango. *Plant Disease*, 67:816-818.
- SAS. 2009. *SAS user's guide: Statistics*. Release 6.03. Ed. SAS Institute Incorporation, Cary, N.C. USA. 1028 p.
- Sangeetha C.G., Racal R.D. 2008. Nutritional studies of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. *And Sacc. The Incitant of Mango Anthracnose*. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(6):717-720.
- Sivakumar D., Jiang Y., Yahia E.M. 2011. Maintaining mango (*Mangifera indica* L.) fruit during the export chain. *Food Research International*, 44:1254-1263.
- Spalding D.H., King J.R., Sharp J.L. 1988. Quality and decay of mangoes treated with hot water for quarantine control of fruit fly. *Tropical Science*. 28: 95-101.
- Spalding D.H., Reeder W.F. 1986. Decay and acceptability of mangoes treated with combinations of hot water, imazalil, and g-irradiation. *Plant Disease*, 70:1149-1151.
- Swart G. 2010. Epidemiology and control of important post-harvest diseases in mangoes in South Africa. *Southern African Society for Plant Pathology*, Midrand, South Africa.
- Talcott M., Singleton L., Percival M. 2005. Ripening associated phytochemical changes in mangoes (*Mangifera indica*) following thermal quarantine and low-temperature storage. *Journal of Food Science*, 70:337-341.
- Thompson A.K. 1987. The development and adaptation of methods for control of anthracnose. In: R T Prinsley, G Tucker (eds). *Mangoes: a Review*. Commonwealth Science Council. London, England. Pp. 29-38.
- Yahia E.M., Campos P. 2000. The effect of hot water treatment used for insect control on the ripening and quality of mango fruit. *Acta Horticulturae*, 509:495-501.

