

CONVENIO INIFAP-NMB

DETERMINACIÓN DEL DAÑO POR TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO CUARENTENARIO EN FRUTOS DE LA VARIEDAD TOMMY ATKINS PRODUCIDOS EN MÉXICO



Dr. JORGE A. OSUNA GARCIA
INVESTIGADOR EN POSTCOSECHA E INOCUIDAD
INIFAP-CAMPO EXPERIMENTAL SANTIAGO IXCUINTLA

Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. Marzo de 2015.

RESUMEN

El Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario (THC) es una Norma Obligatoria para exportar mangos a Estados Unidos. La mayoría de los Empacadores cree que el THC es el principal factor para la pérdida de calidad. Sin embargo, si el THC es aplicado adecuadamente y se tiene cuidado en otros factores tales como el grado de madurez, la temperatura del tratamiento, el hidrogenfrio y un manejo cuidadoso, la calidad de los mangos exportados a Estados Unidos sería potencialmente mayor que en el presente. Los objetivos del presente trabajo fueron: a. Determinar el nivel de daño de temperaturas del tratamiento hidrotérmico cuarentenario (THC) sobre las características físico-químicas y vida de anaquel de frutos de la variedad Tommy Atkins producidos en México; b. Cuantificar el efecto del grado de madurez de los frutos, la duración y las temperaturas de tratamiento hidrotérmico en la calidad y vida de anaquel de frutos de la variedad Tommy Atkins producidos en México; c. Evaluar el efecto potencial de la temporada de cosecha sobre el daño por hidrotérmico. Se colectaron frutos inmediatamente después del lavado, ya clasificados para THC de 75 o 90 min y se separaron por estado de madurez considerando frutos parcialmente sazones y sazones, con excelente apariencia externa y libre de daños mecánicos y/o de plagas y enfermedades. Posteriormente los frutos se dividieron en cinco lotes para aplicación del THC (El control sin hidrotérmico y las cuatro temperaturas (115.5 °F, 116.0 °F, 116.5 °F y 117.0 °F) utilizando tinajas independientes para cada temperatura o set point). Al término del THC los frutos se hidrogenfrieron por 20 min. Los frutos se trasladaron inmediatamente al laboratorio postcosecha del INIFAP-Campo Experimental Santiago Ixcuintla para su análisis inicial y conservación en refrigeración (12 ± 1 °C; 90 ± 5 % HR) por siete días y posterior simulación de mercadeo (22 ± 2 °C; 75 ± 10 % HR) hasta madurez de consumo. Los muestreos se realizaron al inicio, al final del almacenamiento refrigerado y en madurez de consumo. Se utilizó un diseño factorial con 20 repeticiones para pérdida de peso, 10 para temperatura del fruto y cinco repeticiones para el resto de variables.

Los resultados mostraron que el daño externo fue afectado principalmente por la temperatura (Set Point). Los frutos sin THC no mostraron ningún daño en tanto que aquellos tratados con agua caliente a las temperaturas recomendadas sólo mostraron daños ligeros y los tratados a 117 °F mostraron daños de ligeros a moderados. El daño interno prácticamente no se presentó al término del periodo refrigerado bajo los niveles de los factores en estudio. Sin embargo, al momento del consumo los frutos mostraron bajos índices de daño interno en todos los factores. La firmeza de los frutos fue influenciada por todos los factores. Los frutos parcialmente sazones fueron más firmes que los sazones. Los frutos tratados por 75 min fueron más firmes que los de 90 min. Además, la temperatura de tratamiento afectó significativamente la firmeza. A mayor temperatura, menor la firmeza de los frutos al momento del consumo. El color de pulpa fue influenciado principalmente por la temperatura de tratamiento. Al término del periodo refrigerado, a mayor temperatura, menor intensidad de color de pulpa en tanto que al momento del consumo los frutos sin THC mostraron la mayor intensidad de color de pulpa. Los SST fueron influenciados principalmente por el grado de madurez. Los frutos parcialmente sazones tuvieron menores °Bx que los sazones. La temperatura (set point) influenció el contenido de SST de dos maneras: Al final del periodo refrigerado, a mayor temperatura mayor contenido de SST. En contraste, al momento del consumo los frutos sin THC mostraron los mayores valores de SST. El factor más importante que influenció daño externo y calidad de fruto fue la temperatura de tratamiento (set point). El set point recomendado entre 115.5 y 116.5 °F mostró solamente daños ligeros en tanto que los tratados a 117.0 °F mostraron daños moderados. Por lo tanto, si el THC es aplicado según la recomendación y protocolo, sólo se observarán daños externos ligeros manteniendo calidad y vida de anaquel.

INTRODUCCIÓN

El mango es una de las frutas favoritas en el mercado de los Estados Unidos, donde el consumo se ha duplicado en los últimos 10 años. Durante los últimos tres años (2010-2012), en promedio, 76.3 millones de cajas han sido importadas; principalmente de México (67.0%), Perú (10.0%), Ecuador (9.0%), Brasil (7.1%), Guatemala (4.6%) y Haití (2.3%) [USDA-FAS, 2013]. Sin embargo, la mayor parte del tiempo la calidad de la fruta del mango en el nivel de consumo es deficiente, ya que los países exportadores se enfrentan a varios desafíos en la entrega de fruta de alta calidad (Brecht et al., 2009). Sólo con algunas excepciones, la mayoría del mango se produce en áreas del mundo donde se han establecido especies de moscas de la fruta. Por esta razón, la exportación de mango a Estados Unidos ha requerido de medidas fitosanitarias, generalmente tratamientos cuarentenarios, que aseguren que no esté presente mosca de la fruta viva en las frutas importadas. El protocolo requiere que los exportadores sometan el fruto de mango a un tratamiento cuarentenario de agua caliente (115 °F por 65, 75, 90 o 110 minutos de acuerdo con el tamaño del fruto) para asegurar la ausencia de insectos vivos mosca de fruta en la fruta importada (USDA, APHIS, PPQ, 2010). La mayor parte de los empacadores consideran que el tratamiento con agua caliente es el principal factor en la pérdida de calidad del mango, por lo que tratamientos alternativos han sido evaluados; sin embargo, el tratamiento de agua caliente se sigue utilizando ya que diversos estudios manifiestan que la calidad de fruto no se ve afectada cuando el THC se realiza de manera adecuada (Mitcham y Yahia, 2008).

Requerimientos del tratamiento con agua caliente

El plan de trabajo para el tratamiento y certificación de mangos mexicanos (USDA-SAGARPA, 2012) especifica todas las normas y condiciones que deben cumplirse por las empacadoras para el tratamiento hidrotérmico cuarentenario (THC), mismas que para iniciar su funcionamiento deberán ser certificadas por personal del USDA. Los puntos más relevantes del THC son los siguientes:

- a. Una empacadora debe contar con capacidad adecuada para el calentamiento del agua y un control termostático automatizado que permita mantener o superar la

temperatura requerida durante el tiempo de tratamiento establecido así como un registro gráfico automático.

- b. Se requiere un seleccionador automático de pesos o tamaños para separar los frutos de acuerdo a los periodos de tratamiento.
- c. El control termostático se fijará a una determinada temperatura (set point) y no deberá cambiarse después de la certificación.
- d. El THC se aplicará a frutos cuya temperatura de pulpa sea $\geq 70^{\circ}\text{F}$ (21.1°C).
- e. Los pesos máximos de los frutos de las variedades Floridianas (Haden, Kent, Keitt o Tommy Atkins) serán de 900, 700 y 500 g para los tratamientos de 110, 90 y 75 min, respectivamente para cuando no sean hidrogenfriados, ó 120, 100 y 85 min con hidrogenfriado.
- f. Los mangos alargados y aplanados (Ataulfo o Manila) deberán pesar un máximo de 700 g para el tratamiento de 90 min, hasta 570 g para el tratamiento de 75 min y hasta 375 g para el tratamiento de 65 min.
- g. La temperatura real del agua pasados los primeros cinco min deberá ser $\geq 115^{\circ}\text{F}$ (46.1°C) y deberá mantenerse durante todo el tratamiento; se permiten diferenciales mayores de 1.8°F (1.0°C) entre la temperatura más alta y la más baja. En caso de registrar temperaturas por debajo de 115°F , el tratamiento se rechaza.
- h. Al final del tratamiento la temperatura de la pulpa de los frutos no deberá ser menor de 113°F (45.0°C).
- i. Inmediatamente después de finalizado el THC, los mangos podrán someterse a enfriamiento con agua o aire si el tratamiento se extendió por 10 min adicionales; en caso contrario, será necesario esperar 30 min para enfriar los frutos. En ambos casos, la temperatura del agua o aire no deberá ser menor de 70°F (21.1°C).

Efecto del THC sobre la calidad y vida de anaquel de frutos de mango

Hay reportes contradictorios en este aspecto, pero en la mayoría de los casos se especifica que cuando se excede el tiempo y/o la temperatura recomendados para el control de insectos y/o pudriciones se presentan también daños por calor (escaldado de

la piel, obscurecimiento de lenticelas, moteado y maduración heterogénea) [Kader, 1997; Paull y Armstrong, 1994]. Además, se ha documentado que el tratamiento con agua caliente incrementa la tasa de respiración con su consecuente incremento en la velocidad de maduración y senescencia; incrementa la pérdida de peso, disminuye la firmeza, causa hundimiento peduncular y modifica la estructura de la cera epicuticular. Estas respuestas son dependientes del estado de madurez y variedad (Becerra, 1989; Mitcham y McDonald, 1993; Ponce de León *et al.*, 1997; Yahia y Campos, 2000; Petit *et al.*, 2009). Sin embargo, también existen diversos estudios en los que manifiestan que la calidad de diversas variedades de mango no se ve afectada por el tratamiento cuarentenario con agua caliente y que por el contrario este tratamiento ayuda a disminuir la presencia de antracnosis y pudrición del pedúnculo (Spalding *et al.*, 1988; Sharp *et al.*, 1989a y 1989b; Zambrano y Materano, 1999; Báez *et al.*, 2001; Luna *et al.*, 2006).

Mecanismos para disminuir los efectos adversos del THC

El hidrogenfriado de mango después del tratamiento con agua caliente disminuye la temperatura de la pulpa rápidamente, hace más lenta la actividad metabólica y restaura la cutícula de los frutos (Ponce de León *et al.*, 1997; Shellie and Mangan, 2002). Acorde a Mitcham y Yahia (2008) algunas de las siguientes recomendaciones ayudarían a mejorar el THC disminuyendo daños y manteniendo calidad:

1. Asegurarse de que la fruta esté fisiológicamente madura previo al tratamiento. La fruta inmadura es más susceptible a sufrir daños con el agua caliente.
2. Evitar que la superficie de la fruta tenga contacto con el látex durante la cosecha – el daño puede exacerbarse dentro del agua caliente.
3. Mejorar el control de la temperatura en los tanques de agua caliente donde se necesite para permitir que el tratamiento tenga las temperaturas más cercanas a lo requerido. Incluso un grado más arriba de la temperatura requerida puede hacer la diferencia en la tolerancia de la fruta.
4. Siempre hidrogenfriar la fruta inmediatamente después del tratamiento de agua caliente (después de agregar los 10 min adicionales del protocolo), o después de los 30 minutos de demora siguiendo el tratamiento de agua caliente, aún si la

fruta fuera empacada inmediatamente o si necesita ser empacado después, e incluso para la fruta que debe tomar 12 horas para revisar que no haya sufrido daño por calor.

5. El tiempo de hidrogenfriado debe ser suficientemente largo para alcanzar la temperatura de 80 a 85 °F (27 a 29.4 °C) en el centro de la pulpa (esto dependerá del peso de la fruta, pero será cerca de 30 min).
6. Mantener el agua limpia (asegurar la máxima higiene posible) de hidrogenfriamiento a 70 a 72 °F (21-22.2 °C) con suficiente capacidad de enfriamiento (condensador) para remover el calor de los mangos dado el volumen de la fruta a ser hidrogenfriada.

Problema a resolver

El THC es una norma obligatoria para exportar mangos a Estados Unidos a la cual se le atribuye en gran medida la pérdida de calidad de los frutos, pero si este tratamiento se aplica de manera adecuada y se cuidan otros factores como estado de madurez del fruto, temperatura del tratamiento, hidrogenfriado y manejo cuidadoso, la calidad del mango que llegaría a Estados Unidos sería potencialmente mayor que la actual, por lo cual se plantea este proyecto con los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

- Determinar el nivel de daño de temperaturas del tratamiento hidrotérmico cuarentenario (THC) sobre las características físico-químicas y vida de anaquel de frutos de la variedad Tommy Atkins producidos en México.
- Cuantificar el efecto del estado de madurez de los frutos, la duración y las temperaturas de tratamiento hidrotérmico en la calidad y vida de anaquel de frutos de la variedad Tommy Atkins producidos en México.
- Evaluar el efecto potencial de la temporada de cosecha sobre el daño por hidrotérmico.

MATERIALES Y MÉTODOS

- a. **VARIEDAD:** Tommy Atkins.
- b. **ESTADOS DE MADUREZ:** Parcialmente sazón y Sazón
- c. **TIEMPOS DE HIDROTÉRMICO:** Acorde a peso de fruto y protocolo USDA-APHIS: 75 y 90 min + los 10 min adicionales ya que al término del hidrotérmico se dio inmediatamente el hidrogenfriado por 20 min.
- d. **TEMPERATURAS DE HIDROTÉRMICO (SET POINT):**
 - 1. Control (Sin tratamiento hidrotérmico)
 - 2. 115.5 °F (Acorde a Protocolo: 117.5 °F/3 min; 116.5 °F/2 min; 115.5 °F min 28 al 45; 115.4 °F min 45 al final)
 - 3. 116.0 °F
 - 4. 116.5 °F
 - 5. 117.0 °F
- e. **ÉPOCA DE COSECHA:**

Daño Hidrotérmico	Origen	Fecha cosecha	Fecha tratamientos	Empacadora
1	Chahuities, Oaxaca	23/03/13	26 y 27/03/13	ALEX
2	Cihuatlán, Jalisco	26/05/13	29 y 30/05/13	ALEX
3	18 de Marzo, Nayarit	16/06/13	18 y 19/06/13	ALEX

f. TRATAMIENTOS

No.	Estado de madurez	Tiempo Hidrotérmico (min)	Temperatura Hidrotérmico (°F)
1	Parcialmente Sazón	75	No Hidrotérmico
2	Parcialmente Sazón	90	No Hidrotérmico
3	Parcialmente Sazón	75	115.5
4	Parcialmente Sazón	90	115.5
5	Parcialmente Sazón	75	116.0
6	Parcialmente Sazón	90	116.0
7	Parcialmente Sazón	75	116.5
8	Parcialmente Sazón	90	116.5
9	Parcialmente Sazón	75	117.0
10	Parcialmente Sazón	90	117.0
11	Sazón	75	No Hidrotérmico
12	Sazón	90	No Hidrotérmico
13	Sazón	75	115.5
14	Sazón	90	115.5
15	Sazón	75	116.0
16	Sazón	90	116.0
17	Sazón	75	116.5
18	Sazón	90	116.5
19	Sazón	75	117.0
20	Sazón	90	117.0

g. ALMACENAMIENTO: Simulación de traslado refrigerado (7 Días a 12 ± 1 °C; 90 ± 5 % HR) + Simulación de mercadeo (22 ± 2 °C; 75 ± 10 %HR) hasta madurez de consumo.

h. MUESTREOS: Inicial, al término de refrigeración y a madurez de consumo.

i. VARIABLES MEDIDAS: Temperatura del fruto (inicial, al término del hidrotérmico, al término del hidrogenfrio), pérdida de peso, firmeza, color de pulpa, sólidos solubles totales, acidez y daño por hidrotérmico.

Descripción detallada de la metodología

Para cada variedad en particular en la empacadora **Agroservicios la 12 S. de R.L. de C.V.**, se obtuvieron 62 frutos por tratamiento (2 cajas con 31 frutos c/u). Los frutos se colectaron inmediatamente después del lavado, ya clasificados para THC de 75 o 90 min y se separaron por estado de madurez considerando frutos parcialmente sazones (forma tableada sin llenado de cachetes ni levantamiento de hombros, con color de pulpa 1 a 2 y un contenido de sólidos solubles totales < 7.3 °Bx) y frutos sazones (forma redondeada con llenado de cachetes y levantamiento de hombros, con color de pulpa de 2 a 3 y un contenido de sólidos solubles totales > 7.3 °Bx), con excelente apariencia externa y libre de daños mecánicos y/o de plagas y enfermedades. Posteriormente los frutos se dividieron en cinco lotes para aplicación del THC (El control sin tratamiento y las cuatro temperaturas mencionadas utilizando tinas de hidrotérmico independientes para cada temperatura o set point). Al término del THC los frutos se hidrogenfriaron inmediatamente por 20 min. Las 40 cajas conteniendo los 20 tratamientos se trasladaron inmediatamente al laboratorio postcosecha del INIFAP-Campo Experimental Santiago Ixcuintla para su análisis inicial y conservación en refrigeración (12 ± 1 °C; 90 ± 5 % HR) por siete días y posterior simulación de mercadeo (22 ± 2 °C; 75 ± 10 % HR) hasta madurez de consumo. Los muestreos se realizaron al inicio y al final del almacenamiento refrigerado y en madurez de consumo.

Variables a analizadas

Temperatura del fruto. Se midió con un termómetro digital tipo pluma modelo JR1 antes y al final del tratamiento hidrotérmico, así como al término del hidrogenfriado.

Pérdida de peso. Mediante báscula portátil digital con capacidad de 2,000 g y aproximación de 0.1 g (Ohaus corp Florham Park, NJ). Se marcaron 20 frutos que fueron pesados periódicamente durante toda la etapa de evaluación. La diferencia en peso y su relación con el peso inicial se expresó como pérdida de peso en porcentaje.

Color de cáscara. Mediante colorímetro portátil C-R 10 marca Konica Minolta, reportando L a b.

Firmeza. Empleando un penetrómetro Chatillón Modelo DFE-050 (Ametek Instruments, Largo, FL), adaptado con punzón cilíndrico de 10 mm de diámetro; los datos se expresaron en libras-fuerza (Lbf).

Color de pulpa. Mediante colorímetro portátil C-R 10 marca Konica Minolta, reportando ángulo de tono (hue).

Sólidos solubles totales (SST). Mediante refractómetro digital con compensador de temperatura marca ATAGO modelo PAL-1 calibrado con agua destilada (AOAC, 1984).

Acidez titulable. Se determinó en 5 g de muestra previamente homogeneizada utilizando fenolftaleína como indicador y titulando con NaOH 0.1 N. La acidez se reportó en porciento de ácido cítrico.

Daño por hidrotérmico (Bretch *et al.*, 2011)

a. Decoloración de la superficie de la cáscara con base a escala visual

0 = no decoloración (5% o menos de afectación)

1 = Ligera (6 a 15 % de afectación)

2 = Moderada (16 a 25 % de afectación)

3 = Severa (> 25 % de afectación)

b. Obscurecimiento vascular con base a escala visual

0 = Ausente

1 = Ligera (obscurecimiento en pulpa a profundidad no mayor de 5 mm)

2 = Moderada (obscurecimiento en pulpa a profundidad de 6 a 10 mm)

3 = Severa (obscurecimiento en pulpa a profundidad mayor de 15 mm)

Se utilizó un diseño factorial con 20 repeticiones para pérdida de peso, 10 para temperatura del fruto y cinco repeticiones para el resto de variables. El análisis se realizará de manera independiente para cada variedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se consigna el análisis de varianza donde se muestra el efecto del estado de madurez, el tiempo de hidrotérmico y las temperaturas de hidrotérmico sobre el daño externo e interno así como sobre las principales variables de calidad (pérdida de peso, firmeza, color de pulpa, sólidos solubles totales y acidez) en frutos de la variedad Tommy Atkins. Se observó que el factor estado de madurez incidió significativamente en las variables de calidad pero no en el daño externo o interno del fruto. En cambio, el factor tiempo de hidrotérmico incidió significativamente en el daño externo o interno del fruto pero no en las variables de calidad. El factor temperatura de hidrotérmico fue el más importante ya que incidió de manera altamente significativa en prácticamente todas las variables de daño y calidad.

Cuadro 1. Análisis de varianza del efecto del estado de madurez, el tiempo de hidrotérmico y las temperaturas de hidrotérmico sobre las principales variables de calidad en la variedad ‘Tommy Atkins’. Nayarit, México. Temporada 2013.

FACTOR	VARIABLES						
	Daño externo	Daño interno	PFP	Firmeza	Color pulpa	SST	Acidez
Estado de Madurez	NS	NS	*	**	**	**	**
Tiempo de Hidrotérmico	*	*	NS	NS	NS	NS	NS
Temp. de Hidrotérmico	**	**	**	**	**	*	NS

NS = No Significativo * Significativo ($P \leq 0.05$) ** Significativo ($P \leq 0.01$)

En la Figura 1 se ilustra el efecto de la temperatura del set point sobre la temperatura inicial, al término del hidrotérmico y después del Hidroenfriado. La temperatura inicial de los frutos fue de alrededor de 83 °F muy por arriba de los 70 °F que indica la Norma. Con relación a los tratamientos, se observó un incremento directamente proporcional acorde a la temperatura establecida (115.5 a 117.0 °F). A mayor temperatura de set point, mayor temperatura de fruto al término de hidrotérmico cumpliendo con la norma de que la temperatura en este punto no debe

ser menor de 113 °F. Por otro lado, se observó igualmente una respuesta directamente proporcional al enfriamiento de los frutos; a menor set point, menor temperatura de los frutos al término del hidroeñfriado. Cabe mencionar que la temperatura de 115.5 °F recomendada por la Norma, fue la que menor temperatura de fruto presentó al término de los 20 min de hidroeñfriado. Sin embargo ésta no fue suficiente para regresar la temperatura de los frutos a la que tenían antes de someterse al hidrotérmico, por lo que se sugiere dar los 30 min de hidroeñfriado y vigilar que la temperatura del agua del tanque de hidroeñfriado permanezca entre 72 y 75 °F.

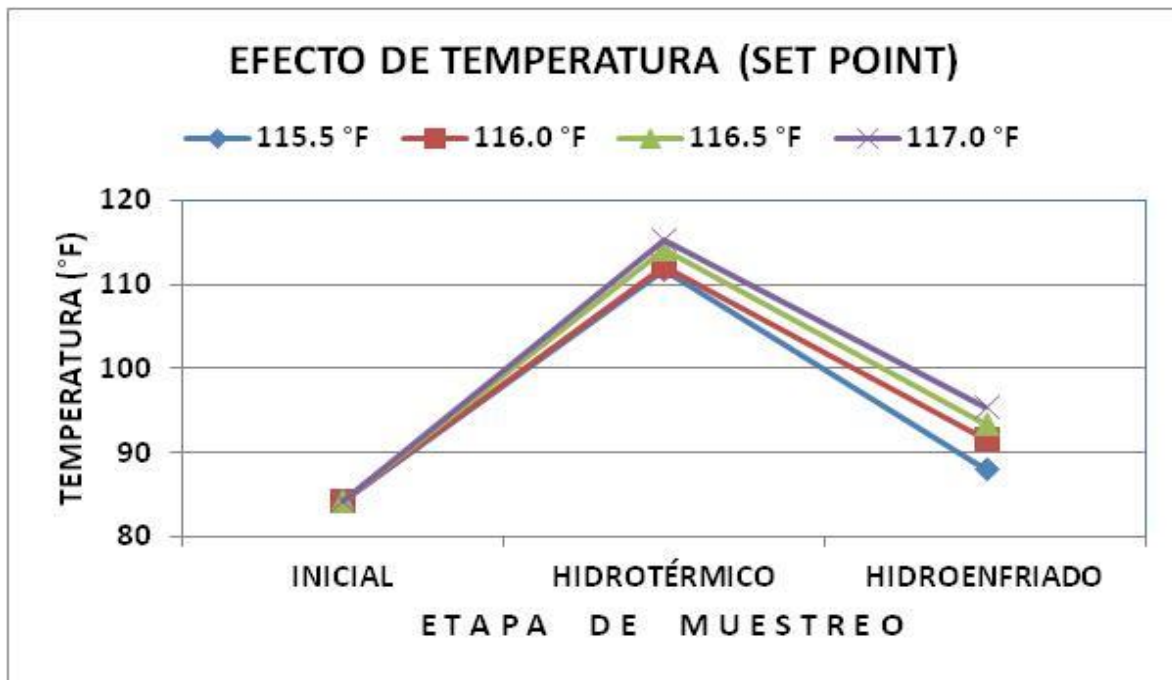


Figura 1. Efecto de la Temperatura (Set Point) sobre la temperatura inicial, después del hidrotérmico y después del Hidroeñfriado de frutos de la variedad Tommy Atkins sometidos a Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario. Temporada 2013.

En el Cuadro 2 se consigna el efecto del grado de madurez, el tiempo y la temperatura de hidrotérmico sobre la pérdida de peso (%) de frutos de la variedad Tommy Atkins al final de la simulación de traslado refrigerado (a) o al momento del consumo (b) durante las tres fechas de evaluación. En lo que respecta al efecto del grado de madurez, sólo en la cosecha de Marzo en Oaxaca se detectaron diferencias significativas a favor de los frutos sazones, mismos que perdieron menos peso que los parcialmente sazones. En lo que respecta al tiempo de

hidrotérmico, no se detectaron diferencias significativas entre 75 y 90 min para ninguno de los momentos y fechas de evaluación. En cambio, la temperatura del set point incidió significativamente en la pérdida de peso acumulada a consumo. El testigo sin hidrotérmico perdió menos peso que cualquiera de los tratados con hidrotérmico y sólo en el muestreo de Marzo en Oaxaca, el Testigo sin hidrotérmico y la temperatura recomendada de 115.0 °F fueron estadísticamente iguales y con menor pérdida que cualquiera de los tratados con temperaturas ≥ 116.0 °F.

Cuadro 2. Efecto del Grado de madurez, Tiempo de hidrotérmico y Temperatura (Set Point) sobre la Pérdida de Peso (%) de frutos de la variedad ‘Tommy Atkins’ al final de la simulación de transporte refrigerado (a) o al momento del consumo (b) durante tres fechas de evaluación. Temporada 2013.

FACTOR	TOMMY ATKINS					
	MARZO (Oaxaca)		MAYO (Jalisco)		JUNIO (Nayarit)	
	a	b	a	b	a	b
Grado de madurez						
a. Parcial sazón	2.32 a	7.93 a	2.39 a	6.70 a	1.38 b	5.51 a
b. Sazón	2.22 b	7.15 b	2.59 a	6.68 a	1.46 a	5.65 a
Tiempo de hidrotérmico						
a. 75 min	2.29 a	7.60 a	2.38 a	6.52 a	1.46 a	5.87 a
b. 90 min	2.25 a	7.47 a	2.60 a	6.87 a	1.38 b	5.29 b
Temperatura (Set Point)						
a. Sin THC	2.21 b	6.82 c	1.86 b	5.80 b	1.49 a	5.77 a
b. 115.5 °F	2.16 b	7.30 bc	2.83 a	7.12 a	1.44 ab	5.77 a
c. 116.0 °F	2.38 a	7.91 a	2.65 a	7.07 a	1.33 c	5.24 b
d. 116.5 °F	2.36 a	7.90 a	2.56 a	6.79 a	1.43 ab	5.61 a
e. 117.0 °F	2.23 b	7.72 ab	2.54 a	6.69 a	1.41 ab	5.51 a

Medias con la misma letra dentro de columnas y Factor no son estadísticamente diferentes (Duncan $P \leq 0.05$)

En el Cuadro 3 se consigna el efecto del grado de madurez, el tiempo y la temperatura de hidrotérmico sobre el Daño Externo de frutos de la variedad Tommy Atkins al final de la simulación de traslado refrigerado (a) o al momento del consumo (b) durante las tres fechas de evaluación. En lo que respecta a esta variable, no se detectaron diferencias significativas para el grado de madurez o tiempo de hidrotérmico en ninguna de las etapas ni fechas de evaluación. El único factor que afectó significativamente el Daño Externo de los frutos fue la

temperatura de set point. Los frutos sin THC no mostraron ningún daño en tanto que aquéllos tratados con agua caliente a las temperaturas recomendadas solo mostraron daños ligeros y los tratados a 117.0 °F mostraron daños de ligeros a moderados. Esto refuerza lo que se comentó en la problemática; si el THC se aplica de manera adecuada y se cuidan otros factores como estado de madurez del fruto, temperatura del tratamiento, hidrogenfriado y manejo cuidadoso, la calidad del mango que llegaría a Estados Unidos sería potencialmente mayor que la actual.

Cuadro 3. Efecto del Grado de madurez, Tiempo de hidrotérmico y Temperatura (Set Point) sobre el Daño Externo de frutos de la variedad ‘Tommy Atkins’ al final de la simulación de transporte refrigerado (a) o al momento del consumo (b) durante tres fechas de evaluación. Temporada 2013.

FACTOR	TOMMY ATKINS					
	MARZO (Oaxaca)		MAYO (Jalisco)		JUNIO (Nayarit)	
	a	b	a	b	a	b
Grado de madurez						
a. Parcial sazón	0.12 a	0.66 a	0.66 a	0.96 b	0.54 a	0.46 a
b. Sazón	0.04 a	0.72 a	0.92 a	1.44 a	0.60 a	0.32 a
Tiempo de hidrotérmico						
a. 75 min	0.08 a	0.62 a	0.56 b	1.06 a	0.48 a	0.38 a
b. 90 min	0.08 a	0.76 a	1.02 a	1.34 a	0.66 a	0.40 a
Temperatura (Set Point)						
a. Sin THC	0.00 b	0.00 c	0.00 c	0.00 c	0.00 b	0.00 b
b. 115.5 °F	0.20 a	0.50 b	1.30 a	1.55 ab	1.00 a	1.14 a
c. 116.0 °F	0.05 ab	0.85 b	0.60 b	1.00 b	0.55 a	0.00 b
d. 116.5 °F	0.10 ab	0.80 b	0.90 ab	1.55 ab	0.80 a	0.25 b
e. 117.0 °F	0.05 ab	1.30 a	1.15 ab	1.90 a	0.50 ab	0.30 b

Medias con la misma letra dentro de columnas y Factor no son estadísticamente diferentes (Duncan $P \leq 0.05$)

Valores de escala: 0 = No decoloración 1 = Ligera 2 = Moderada 3 = Severa

En el Cuadro 4 se consigna el efecto del grado de madurez, el tiempo y la temperatura de hidrotérmico sobre el Daño Interno de frutos de la variedad Tommy Atkins al final de la simulación de traslado refrigerado (a) o al momento del consumo (b) durante las tres fechas de evaluación. En lo que respecta a esta variable, no se detectaron diferencias significativas para

el grado de madurez o tiempo de hidrotérmico en ninguna de las etapas ni fechas de evaluación. El único factor que afectó significativamente el Daño Interno de los frutos fue la temperatura de set point. Los frutos sin THC no mostraron ningún daño en tanto que aquéllos tratados con agua caliente a las temperaturas recomendadas solo mostraron daños mínimos. El tratamiento acorde a la Norma sólo fue estadísticamente igual al Testigo sin hidrotérmico para el muestreo al término de simulación de transporte refrigerado para el muestreo realizado en Marzo en frutos de Oaxaca. En términos generales, el Daño Interno fue prácticamente imperceptible al término de la simulación de transporte refrigerado y ligeramente mayor al momento del consumo, aunque los valores estuvieron entre ausente y ligero.

Cuadro 4. Efecto del Grado de madurez, Tiempo de hidrotérmico y Temperatura (Set Point) sobre el Daño Interno de frutos de la variedad ‘Tommy Atkins’ al final de la simulación de transporte refrigerado (a) o al momento del consumo (b) durante tres fechas de evaluación. Temporada 2013.

FACTOR	TOMMY ATKINS					
	MARZO (Oaxaca)		MAYO (Jalisco)		JUNIO (Nayarit)	
	a	b	a	b	a	b
Grado de madurez						
a. Parcial sazón	0.02 a	0.32 a	0.00 a	0.38 a	0.08 a	0.32 a
b. Sazón	0.04 a	0.38 a	0.00 a	0.26 a	0.12 a	0.22 a
Tiempo de hidrotérmico						
a. 75 min	0.04 a	0.30 a	0.00 a	0.18 a	0.02 b	0.20 a
b. 90 min	0.02 a	0.40 a	0.00 a	0.46 a	0.18 a	0.34 a
Temperatura (Set Point)						
a. Sin THC	0.00 b	0.00 b	0.00 a	0.00 b	0.00 a	0.00 a
b. 115.5 °F	0.00 b	0.35 ab	0.00 a	0.35 ab	0.15 a	0.40 a
c. 116.0 °F	0.15 a	0.50 a	0.00 a	0.40 ab	0.25 a	0.30 a
d. 116.5 °F	0.00 b	0.50 a	0.00 a	0.50 a	0.10 a	0.35 a
e. 117.0 °F	0.00 b	0.40 ab	0.00 a	0.35 ab	0.00 a	0.30 a

Medias con la misma letra dentro de columnas y Factor no son estadísticamente diferentes (Duncan $P \leq 0.05$)

Valores de escala: 0 = Ausente 1 = Ligero 2 = Moderado 3 = Severo

En el Cuadro 5 se consigna el efecto del grado de madurez, el tiempo y la temperatura de hidrotérmico sobre la firmeza (Lbf) de frutos de la variedad Tommy Atkins al final de la simulación de traslado refrigerado (a) o al momento del consumo (b) durante las tres fechas de evaluación. Esta variable fue prácticamente afectada por todos los factores en estudio, los frutos parcialmente sazones fueron más firmes que los sazones; los frutos tratados por 75 min fueron más firmes que los de 90 min. Además, la temperatura de tratamiento afectó significativamente la firmeza. A mayor temperatura, menor firmeza de los frutos al momento del consumo.

Cuadro 5. Efecto del Grado de madurez, Tiempo de hidrotérmico y Temperatura (Set Point) sobre la firmeza (Lbf) de frutos de la variedad ‘Tommy Atkins’ al final de la simulación de transporte refrigerado (a) o al momento del consumo (b) durante tres fechas de evaluación. Temporada 2013.

FACTOR	TOMMY ATKINS					
	MARZO (Oaxaca)		MAYO (Jalisco)		JUNIO (Nayarit)	
	a	b	a	b	a	b
Grado de madurez						
a. Parcial sazón	53.2 a	4.5 a	48.9 a	4.7 a	54.7 a	4.8 a
b. Sazón	50.2 a	4.2 a	40.1 b	3.4 b	50.5 b	4.7 a
Tiempo de hidrotérmico						
a. 75 min	53.8 a	4.4 a	44.5 a	4.3 a	55.8 a	5.1 a
b. 90 min	49.6 b	4.3 a	44.6 a	3.8 a	49.4 b	4.4 b
Temperatura (Set Point)						
a. Sin THC	53.5 a	5.3 a	45.3 ab	4.3 a	55.0 a	5.3 ab
b. 115.5 °F	50.8 ab	4.1 b	48.3 a	3.8 a	54.7 a	6.0 a
c. 116.0 °F	52.5 a	3.8 b	43.8 ab	4.0 a	50.7 ab	4.3 bc
d. 116.5 °F	52.4 a	4.1 b	48.3 a	4.1 a	55.4 a	4.0 c
e. 117.0 °F	49.5 b	4.4 b	36.8 b	4.1 a	47.1 b	4.1 c

Medias con la misma letra dentro de columnas y Factor no son estadísticamente diferentes (Duncan $P \leq 0.05$)

En el Cuadro 6 se consigna el efecto del grado de madurez, el tiempo y la temperatura de hidrotérmico sobre el color de pulpa (Hue) de frutos de la variedad Tommy Atkins al final de la simulación de traslado refrigerado (a) o al momento del consumo (b) durante las tres fechas de evaluación. Esta variable fue prácticamente afectada por todos los factores en estudio, los frutos parcialmente sazones tuvieron menor intensidad de color de pulpa que los sazones; los

frutos tratados por 75 min mostraron menor intensidad de color de pulpa que los de 90 min. Además, la temperatura de tratamiento afectó significativamente el color de pulpa. Al término de la simulación de transporte refrigerado, a mayor temperatura, menor intensidad del color de pulpa en tanto que al consumo los frutos sin THC mostraron la mayor intensidad de color de pulpa.

Cuadro 6. Efecto del Grado de madurez, Tiempo de hidrotérmico y Temperatura (Set Point) sobre el color de pulpa (Hue) de frutos de la variedad ‘Tommy Atkins’ al final de la simulación de transporte refrigerado (a) o al momento del consumo (b) durante tres fechas de evaluación. Temporada 2013.

FACTOR	TOMMY ATKINS					
	MARZO (Oaxaca)		MAYO (Jalisco)		JUNIO (Nayarit)	
	a	b	a	b	a	b
Grado de madurez						
a. Parcial sazón	82.8 a	77.0 a	86.0 a	74.3 a	85.7 a	69.0 a
b. Sazón	81.5 b	76.1 a	83.9 a	71.4 b	83.2 b	67.5 a
Tiempo de hidrotérmico						
a. 75 min	82.8 a	76.9 a	85.5 a	72.7 a	85.4 a	68.4 a
b. 90 min	81.4 b	76.2 a	84.4 a	73.0 a	83.5 b	68.0 a
Temperatura (Set Point)						
a. Sin THC	82.5 a	74.7 b	86.2 a	71.1 b	86.4 a	66.9 b
b. 115.5 °F	80.8 b	77.0 ab	87.1 a	71.7 b	85.2 a	69.9 a
c. 116.0 °F	82.5 a	75.7 ab	85.4 a	73.4 ab	82.8 b	68.1 ab
d. 116.5 °F	82.4 a	77.2 ab	86.0 a	74.8 a	84.5 ab	67.2 b
e. 117.0 °F	82.4 a	78.2 a	80.1 b	73.3 ab	83.4 b	69.0 ab

Medias con la misma letra dentro de columnas y Factor no son estadísticamente diferentes (Duncan $P \leq 0.05$)

En el Cuadro 7 se consigna el efecto del grado de madurez, el tiempo y la temperatura de hidrotérmico sobre el contenido de Sólidos Solubles Totales (SST; °Bx) de frutos de la variedad Tommy Atkins al final de la simulación de traslado refrigerado (a) o al momento del consumo (b) durante las tres fechas de evaluación. Los SST fueron influenciados principalmente por el grado de madurez. Los frutos parcialmente sazones tuvieron menores °Bx que los sazones. La temperatura del set point influenció el contenido de SST de dos maneras: al final de la simulación de traslado refrigerado, a mayor temperatura, mayor contenido de SST. En contraste, a consumo los frutos sin THC mostraron los mayores valores de SST.

Cuadro 7. Efecto del Grado de madurez, Tiempo de hidrotérmico y Temperatura (Set Point) sobre el contenido de Sólidos Solubles Totales (°Bx) de frutos de la variedad ‘Tommy Atkins’ al final de la simulación de transporte refrigerado (a) o al momento del consumo (b) durante tres fechas de evaluación. Temporada 2013.

FACTOR	TOMMY ATKINS					
	MARZO (Oaxaca)		MAYO (Jalisco)		JUNIO (Nayarit)	
	a	b	a	b	a	b
Grado de madurez						
a. Parcial sazón	9.2 b	11.7 a	10.4 a	12.4 b	10.7 b	14.1 b
b. Sazón	10.4 a	12.1 a	10.9 a	13.5 a	11.2 a	14.7 a
Tiempo de hidrotérmico						
a. 75 min	9.8 a	12.0 a	10.7 a	13.1 a	10.8 b	14.4 a
b. 90 min	9.8 a	11.8 a	10.7 a	12.8 a	11.1 a	14.3 a
Temperatura (Set Point)						
a. Sin THC	10.0 a	11.4 b	9.7 c	13.9 a	10.3 c	14.4 a
b. 115.5 °F	10.2 a	12.7 a	10.8 ab	12.7 b	10.9 ab	14.1 a
c. 116.0 °F	9.8 a	11.9 b	10.6 b	13.1 ab	11.2 ab	14.4 a
d. 116.5 °F	9.6 a	11.6 b	10.7 b	12.3 b	10.8 ab	14.2 a
e. 117.0 °F	9.5 a	11.9 b	11.6 a	12.7 b	11.5 a	14.7 a

Medias con la misma letra dentro de columnas y Factor no son estadísticamente diferentes (Duncan $P \leq 0.05$)

En el Cuadro 8 se consigna el efecto del grado de madurez, el tiempo y la temperatura de hidrotérmico sobre acidez titulable (% Ac. cítrico) de frutos de la variedad Tommy Atkins al final de la simulación de traslado refrigerado (a) o al momento del consumo (b) durante las tres fechas de evaluación. La acidez fue influenciada principalmente por el grado de madurez. Los frutos parcialmente sazones fueron más ácidos que los sazones. El tiempo y la temperatura de hidrotérmico prácticamente no influyeron en el contenido de acidez.

Cuadro 8. Efecto del Grado de madurez, Tiempo de hidrotérmico y Temperatura (Set Point) sobre la acidez titulable (% ácido cítrico) de frutos de la variedad ‘Tommy Atkins’ al final de la simulación de transporte refrigerado (a) o al momento del consumo (b) durante tres fechas de evaluación. Temporada 2013.

FACTOR	TOMMY ATKINS					
	MARZO (Oaxaca)		MAYO (Jalisco)		JUNIO (Nayarit)	
	a	b	a	b	a	b
Grado de madurez						
a. Parcial sazón	0.90 a	0.18 a	1.00 a	0.21 a	0.59 a	0.20 a
b. Sazón	0.75 b	0.14 b	0.88 b	0.16 b	0.66 a	0.16 a
Tiempo de hidrotérmico						
a. 75 min	0.79 a	0.18 a	0.94 a	0.17 a	0.67 a	0.18 a
b. 90 min	0.85 a	0.13 b	0.95 a	0.20 a	0.58 a	0.17 a
Temperatura (Set Point)						
a. Sin THC	0.93 a	0.18 a	0.97 a	0.19 a	0.68 a	0.22 a
b. 115.5 °F	0.81 a	0.17 a	0.92 a	0.16 a	0.68 a	0.18 ab
c. 116.0 °F	0.74 a	0.12 a	1.01 a	0.18 a	0.48 b	0.14 b
d. 116.5 °F	0.78 a	0.17 a	0.94 a	0.18 a	0.62 ab	0.16 ab
e. 117.0 °F	0.85 a	0.14 a	0.87 a	0.21 a	0.64 ab	0.18 ab

Medias con la misma letra dentro de columnas y Factor no son estadísticamente diferentes (Duncan $P \leq 0.05$)

CONCLUSIONES

- El Daño Externo fue afectado principalmente por temperatura. Frutos sin THC no mostraron daño, en tanto que aquéllos tratados a temperaturas recomendadas resultaron con daños ligeros y los tratados a 117 °F con daños ligeros a moderados.
- El daño interno prácticamente no se presentó al término del periodo refrigerado, aunque al momento del consumo los frutos mostraron bajos valores en todos los factores.
- Firmeza de fruto influenciada por todos los factores. Frutos parcialmente sazones más firmes que los sazones. Frutos tratados por 75 min más firmes que los de 90 min. Además, a mayor temperatura, menor firmeza de frutos a consumo.
- Color de pulpa influenciado principalmente por la temperatura de tratamiento. Al término del periodo refrigerado, a mayor temperatura, menor intensidad de color de pulpa. A consumo los frutos sin THC mostraron la mayor intensidad de color de pulpa.
- SST influenciados por el grado de madurez. Frutos parcialmente sazones con menores °Bx que los sazones. La temperatura influenció el contenido de SST de dos maneras: Al final del periodo refrigerado, a mayor temperatura mayor contenido de SST. En contraste, a consumo los frutos sin THC mostraron mayores valores.
- El factor que más influenció daño externo y calidad de fruto fue la temperatura. El set point recomendado con daños ligeros en tanto que los tratados a 117.0 °F con daños moderados.
- Si el THC es aplicado según recomendación y protocolo, sólo se observarán daños externos ligeros manteniendo calidad y vida de anaquel.

LITERATURA CITADA

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

Becerra, S. 1989. Daño en frutos de mango 'Tommy Atkins' tratados con agua caliente. *Memorias del III Congreso Nacional de Horticultura*. Oaxtepec, Morelos, México.

Bretch J.K., Sargent S.A., Kader A.A., Mitcham E.J. Arpaia M.L. 2009. Monitoring and evaluation of the mango supply chain to improve mango quality. Final report. National Mango Board. 19 p.

Kader, A. A. 1997. Recommendations for Maintaining Mango Postharvest Quality. *Perishables Handling*. <http://postharvest.ucdavis.edu>. Updated December 06, 2012.

Luna E.G., Arévalo G.M.L., Anaya R.S., Villegas M.A., Acosta R.M. y Leyva R.G. 2006. Calidad del mango 'Ataulfo' sometido a tratamiento hidrotérmico. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(2):123-128.

Mitcham E.J. and McDonald, R.E. 1993. Respiration rate, internal atmosphere and ethanol and acetaldehyde accumulation in heat treated mango fruit. *Postharvest Biology and Technology* 3(1):77-86.

Mitcham E. and Yahia E. 2008. Tratamientos alternativos a la inmersión de agua caliente en mango. Final report. National Mango Board. 54 p.

Paull, R.E., Armstrong, J.W. 1994. Introduction. In: Paull, R.E., Armstrong, J.W. (Eds.). *Insect Pests and Fresh Horticultural Products: Treatment and Responses*. CAB International International, Wallingford, UK, pp.1-33.

Petit J.D., Bringas T. E., González L.A., García R.J.M. y Báez S.R. 2009. Efecto del tratamiento hidrotérmico sobre la ultraestructura de la cutícula del fruto de mango. Revista UDO Agrícola 9(1):96-102.

Ponce de León, L., Muñoz C., Pérez L., Díaz de León, F., Kerbel, C., Pérez F.L., Esparza, S., Bósquez, E. and Trinidad, M. 1997. Hot-water quarantine treatment and water-cooling of 'Haden' mangoes. Acta Hort. (ISHS) 455:786-796.

Sharp J.L., Ouye M.T., Ingle S.J. and Hart W.G. 1989a. Hot-water quarantine treatment for mangoes from Mexico infested with Mexican fruit fly and West Indian fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 82:1657-1662.

Sharp J.L., Ouye M.T., Ingle S.J., Hart W.G. and Enkerlin R. 1989b. Hot-water quarantine treatment for mangoes from the State of Chiapas, Mexico, infested with Mediterranean fruit fly and *Anastrepha serpentina* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae).

Shellie K.C. and Mangan R.L. 2002. Cooling method and fruit weight: Efficacy of hot water quarantine treatment for control of Mexican fruit fly in mango. HortScience 37(6):910-913.

Spalding, D.H., King J.R. and Sharp J.L.. 1988. Quality and decay of mangoes treated with hot water for quarantine control of fruit fly. Trop. Sci. 28:95-101.

U.S. Department of Agriculture. Animal and Plant Health Inspection Service. Plant Protection and Quarantine. 2010. Treatment manual. http://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/ports/downloads/treatment.pdf

USDA Foreign Agricultural Service. 2012. Three years trends for U.S. mango imports. <http://www.fas.usda.gov>.

USDA-SAGARPA. 2012. Plan de Trabajo para el Tratamiento y Certificación de mangos Mexicanos. 31 p.

Yahia, E.M. and Campos J.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.

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

GALERÍA DE FOTOS: a) FRUTOS PARCIALMENTE SAZONES (TESTIGO SIN THC Y SET POINT A 117.0 °F)

INICIAL

TÉRMINO DE REFRIGERACIÓN

A CONSUMO



GALERÍA DE FOTOS: a) FRUTOS SAZONES (TESTIGO SIN THC Y SET POINT A 117.0 °F)

INICIAL

TÉRMINO DE REFRIGERACIÓN

A CONSUMO

