

CONVENIO INIFAP-NMB

EFICIENCIA DEL 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP) ACUOSO EN MANGOS CON Y SIN TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO CUARENTENARIO



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

Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. Marzo de 2015.

RESUMEN

Uno de los grandes retos a superar de la mayoría de los países exportadores hacia Estados Unidos, a excepción de México, es que requieren de hasta cuatro semanas de transporte refrigerado, lo que conlleva a sobre maduración de la fruta ya que la refrigeración por sí sola no es suficiente para retrasar la maduración. El 1-Metilciclopropeno (1-MCP) en formulación gaseosa retrasa la maduración en mango pero requiere 12 h de aplicación en contenedores herméticos. Recientemente se ha desarrollado una formulación acuosa, la cual al ser aplicada en postcosecha por inmersión de 1 a 5 min, ha demostrado la misma efectividad que el 1-MCP en forma gaseosa, lo que permite mayor flexibilidad para su aplicación. Esta investigación se realizó con la finalidad de determinar la efectividad del 1-MCP acuoso para retrasar maduración, extender vida de anaquel y mantener calidad de fruto de las variedades 'Ataulfo', 'Tommy Atkins', 'Haden', 'Kent' y 'Keitt' con o sin tratamiento hidrotérmico cuarentenario (THC). Se realizaron dos experimentos durante las temporadas 2013 y 2014 en Nayarit. Se detectaron diferencias entre variedades, 'Ataulfo', 'Tommy Atkins' y 'Haden' no mostraron diferencias significativas para ninguna de las variables excepto para apariencia externa. 'Kent' y 'Keitt' mantuvieron firmeza durante la simulación de transporte refrigerado, sin embargo, la apariencia externa fue afectada negativamente por el 1-MCP en combinación con el THC en todas las variedades, ya que los frutos presentaron manchas en la cáscara y ennegrecimiento de lenticelas. Al final de la simulación de transporte o al momento del consumo los frutos tratados con 1-MCP antes o después de THC mostraron una apariencia externa de regular a mala en tanto que el control absoluto y el 1-MCP sin THC tuvieron una apariencia externa de buena a excelente. En 'Kent' el 1-MCP disminuyó pérdida de peso, mantuvo firmeza y retrasó el desarrollo de color de pulpa, pero afectó la apariencia externa cuando se usó en combinación con el THC. El 1-MCP aplicado sin THC no afectó la apariencia externa. En 'Keitt' el 1-MCP sin THC significativamente disminuyó pérdida de peso, mantuvo firmeza y retrasó el desarrollo de color de pulpa sin afectar apariencia externa. En contraste, el 1-MCP en combinación con el THC mostró una tendencia similar pero afectó la apariencia externa. Pareciera que el 1-MCP no es una alternativa viable para mangos exportados a los Estados Unidos pero podría ser útil para países que no demandan el THC.

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 (2009-2011), en promedio, 71.7 millones de cajas de 10 libras han sido importadas; principalmente de México (65.1%), Perú (9.7%), Ecuador (9.4%), Brasil (7.4%), Guatemala (4.6%) y Haití (2.5%) [USDA-FAS, 2012]. 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). Uno de los grandes retos a superar de la mayoría de los países exportadores hacia Estados Unidos, a excepción de México, es que requieren hasta cuatro semanas de transporte refrigerado en contenedores marinos. Lo anterior conlleva a sobre maduración de la fruta ya que la refrigeración por sí sola no es suficiente para retrasar el proceso de maduración. Además, el problema se agrava porque los Empacadores cosechan los frutos tiernos, lo que conlleva a daños por agua caliente y daño por frío, ya que los frutos de mango menos maduros son más susceptibles a estos dos trastornos. La cosecha de frutos tiernos también impide que éstos muestren su máximo potencial de sabor al momento del consumo.

Existen varias técnicas distintas de la cosecha temprana que pueden usarse para retrasar la maduración, extender la vida útil y mantener la calidad de la fruta. Recientemente, una nueva herramienta, el 1-Metilciclopropeno (1-MCP) se ha añadido a estas técnicas. El 1-MCP es un potente inhibidor de etileno que se une a sus receptores y bloquea su acción (Sisler y Serek, 1997, 1999). Desde la aprobación de 1-MCP para su uso en los productos comestibles (EPA, 2002), una amplia investigación se ha realizado. Blankenship y Dole (2003) describen más de 100 estudios detallando la acción del 1-MCP, su aplicación y los efectos sobre la inhibición de etileno. Ellos reportan que el 1-MCP previene los efectos de etileno en varias frutas, hortalizas y flores; por lo que es importante no sólo con fines comerciales, sino también para ayudar a los científicos a entender mejor el papel del etileno en las plantas. De hecho, Huber (2008) encontró que el 1-MCP es una herramienta eficaz para comprender el papel del etileno en la senescencia y la maduración de los procesos, especialmente para las frutas climatéricas como el mango. Además, Watkins y Miller (2005) resumieron los efectos del 1-MCP en los procesos fisiológicos o trastornos en frutas, hortalizas y productos ornamentales, mientras que Watkins (2006, 2008), señaló que el 1-MCP

influye en la maduración y senescencia de varias frutas y hortalizas mediante la reducción de la producción de etileno y respiración, que afectan principalmente el ablandamiento y los cambios de color de cáscara y pulpa.

El efecto benéfico del 1-MCP se ha probado para diversas variedades de mango como 'Zihua' (Jiang y Joyce, 2000), 'Kensington Pride' (Hofman et al., 2001), 'Keitt' (Osuna-García y Beltrán, 2002 ; Osuna-García, 2006), 'Rosa', 'Espada' y 'Jazmín' (Silva et al., 2004), 'Kent' (Osuna y Beltrán, 2004; Osuna-García y Muñoz-Ramírez, 2004; Osuna-García et al., 2005; Osuna-García et al., 2009), 'Tommy Atkins' (Alves et al., 2004; Coelho de Lima et al., 2006; Pereira-Bomfim et al., 2011), 'Nam Dokmai' (Penchaiya et al., 2006) y 'Namh-dawg-mai-sri-tong' (Chaiprasart y Hansawasdi, 2009). En la mayoría de los experimentos se utilizó el 1-MCP gaseoso en cámaras selladas con dosis que oscilaron desde los 100 hasta los 1200 ppb aplicados por 12 o 24 horas a temperatura ambiente (22-25 °C) o mientras se enfriaba la fruta a 12 °C. En general, los resultados mostraron que el 1-MCP retrasa el pico climatérico y disminuye la producción de etileno; la firmeza de pulpa se mantiene por más tiempo y se retrasan los cambios de color relacionados con la maduración.

A pesar de los excelentes resultados, la adopción del 1-MCP en el nivel comercial ha sido muy limitada, debido principalmente al tiempo requerido para su aplicación. Además, como sugiere la investigación con otras frutas y hortalizas, la eficacia del 1-MCP podría verse afectada por varios factores tales como el tratamiento cuarentenario con agua caliente. Osuna-García et al. (2007) evaluaron el efecto de 1-MCP (0 y 300 ppb) después de aplicar diferentes niveles de tratamiento de agua caliente (Control, 52 °C durante 5 min y 46.1 °C durante 110 min) sobre la fisiología y la calidad del mango 'Keitt'. Se encontró que la eficacia del 1-MCP se vio afectada en gran medida por el grado de tratamiento con agua caliente. La fruta tratada con 1-MCP sin tratamiento con agua caliente al final de la simulación de envío (20 días a 13 ± 2 °C; $85 \pm 10\%$ de HR) mantuvo el 80% de su firmeza inicial; aquellos tratados con calor a 52 °C durante 5 min mantuvieron solo el 50% de su firmeza, mientras que los tratados a 46.1 °C durante 110 min (el tratamiento de cuarentena contra insectos) tenían niveles de firmeza que eran casi la misma que la fruta control, ya que solo mantuvieron el 10% de su firmeza inicial de pulpa.

Recientemente, una nueva formulación acuosa de mayor potencia del 1-MCP se ha desarrollado, lo que permite una mayor flexibilidad para su aplicación. Inicialmente,

la solución acuosa se destinó para la aplicación antes de la cosecha, pero cuando se aplicó por inmersión en postcosecha con sólo uno a cinco minutos, se encontró la misma eficacia que una aplicación de 9 a 12 h de 1-MCP gaseoso, lo que retrasó el proceso de maduración y el ablandamiento en mangos, aguacates, tomates, carambolas y peras (Contreras-Martínez et al., 2007; Choi et al., 2008; Choi y Huber, 2008; Warren, 2009; Cheng et al., 2012). Esta nueva formulación podría ser fácilmente incorporada en los procesos de empaque de mango, ya sea después de lavar la fruta o después del tratamiento con agua caliente. Si se prueban ambos escenarios, se podría identificar cuál es el paso más adecuado para aplicar la formulación acuosa de 1-MCP con éxito y ofrecer a la industria de mango una herramienta de gran alcance que permita la cosecha de fruta más madura y, posteriormente, retrasar la maduración, extender la vida de anaquel y mantener la calidad de la fruta.

OBJETIVOS

- Determinar la efectividad de una solución acuosa de 1-MCP en frutos de mango con o sin tratamiento hidrotérmico cuarentenario.
- Determinar el mejor paso durante el proceso de empaque de mango para aplicar la formulación acuosa del 1-MCP.
- Evaluar el efecto de la formulación acuosa del 1-MCP sobre el proceso de maduración, extensión de vida de anaquel y mantenimiento de la calidad de frutos de mango de diferentes variedades.

METODOLOGÍA (TEMPORADA 2013)

- **Dosis 1-MCP:** 625 µg L⁻¹.
- **Momento de aplicación:** (Antes y después de THC).
- **Diseño:** Completamente al Azar.
- **Tratamientos:**
 - a. Testigo Absoluto (Sin THC; sin 1-MCP)
 - b. Testigo 1-MCP (1-MCP en frutos sin THC)
 - c. Testigo THC (sólo THC)
 - d. 1-MCP antes de THC sin hidrogenfriado.
 - e. 1-MCP después de THC sin hidrogenfriado
 - f. 1-MCP después de THC + hidrogenfriado.
- **Varietades:** 'Ataulfo', 'Tommy Atkins', 'Haden', 'Kent' y 'Keitt'

Variedad	Origen	Cosecha	Tratamiento	THC	Empacadora
Ataulfo	Las Varas, Nay	03/Jun/13	04/Jun/13	75 + 10'	NATURAMEX
Tommy	La Libertad, Nay	04/Jun/13	05/Jun/13	90 + 10'	ALEX
Haden	La Libertad, Nay	11/Jun/13	12/Jun/13	75 + 10'	HUGUIN
Kent	Pta Mangos, Nay	08/Jul/13	09/Jul/13	90 + 10'	ALEX
Keitt	Sauta, Nay	11/Jul/13	11/Jul/13	90 + 10'	HUGUIN

- **Estado de madurez:** Frutos en madurez fisiológica (sazón).
- **Tiempo de THC:** Acorde al protocolo de USDA-APHIS: Ataulfo y Haden (75 min); Tommy Atkins, Kent and Keitt (90 min) con los 10 min adicionales por enfriamiento inmediato de 20 min después del THC.
- **Almacenamiento:** Tres semanas en refrigeración (12 ± 1 °C; 90 ± 5 % HR) + Simulación de mercadeo (22 ± 2 °C; 75 ± 10 % HR) hasta madurez de consumo.
- **Muestreos:** Los muestreos se realizaron al inicio y al final del almacenamiento refrigerado y después al día 4 y 7 de simulación de mercadeo.
- **Variables a medir:** Materia seca, pérdida de peso, apariencia externa, color de cáscara, firmeza de la pulpa, color de pulpa, sólidos solubles totales (°Bx) y acidez titulable.

Descripción detallada de la metodología

Para cada variedad en particular en una empacadora comercial de mango para exportación determinada, se obtuvieron 70 frutos por tratamiento (2 cajas con 35 frutos c/u). Los frutos se colectaron inmediatamente después del lavado y ya clasificados para THC de 90 min considerando solamente frutos en madurez fisiológica (sazones), con excelente apariencia externa y libre de daños mecánicos y/o de plagas y enfermedades. Los frutos se sometieron a los siguientes tratamientos: a) Testigo Absoluto (Sin THC; sin 1-MCP); b) Testigo 1-MCP (1-MCP en frutos sin THC); c) Testigo THC (sólo THC); d) 1-MCP antes de THC sin hidrogenfriado; e) 1-MCP después de THC sin hidrogenfriado y f) 1-MCP después de THC + hidrogenfriado. Se utilizó la formulación acuosa del 1-MCP (AFxRD-038; 3.8 % 1-MCP, \leq 5 % dextrosa, 88-95 % ciclodextrina y 1-5 % material inerte) en dosis de $625 \mu\text{g L}^{-1}$ (i.a.) disuelta en 200 L de agua de la llave en contenedores plásticos de 512 L de capacidad sumergiendo los frutos por 5 min como un paso aparte. Cuando se aplicó después del THC, los frutos fueron inmersos en la solución de 1-MCP en los siguientes 20 min. Los frutos con THC fueron expuestos a agua caliente a $46.1 \text{ }^\circ\text{C}$ por 90 min y aquéllos con hidrogenfriado en agua a $21\text{-}23 \text{ }^\circ\text{C}$ por 30 min en una empacadora comercial operando bajo la norma del USDA. Posteriormente los frutos de los seis tratamientos se trasladaron al laboratorio postcosecha del INIFAP-C.E. Santiago Ixcuintla para su análisis inicial y conservación en refrigeración ($12 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$; $90 \pm 5 \text{ \% HR}$) por tres semanas y posterior simulación de mercadeo ($22 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$; $75 \pm 10 \text{ \% HR}$) hasta madurez de consumo. Los muestreos se realizaron al inicio y al final del almacenamiento refrigerado y después al día 4 y 7 de simulación de mercadeo. Se utilizó un diseño completamente al azar con 20 frutos para pérdida de peso y ocho para el resto de variables. El análisis se realizó de manera independiente para cada variedad.

METODOLOGÍA (TEMPORADA 2014)

- Dosis 1-MCP:** 0, 400, 800 y 1200 $\mu\text{g L}^{-1}$.
- Forma y momento de aplicación:** Por inmersión (3 min), antes del THC.
- Diseño:** Factorial considerando el Factor A con o sin THC y el Factor B con las cuatro dosis de 1-MCP.
- Tratamientos:**
 - Testigo Absoluto (Sin THC; sin 1-MCP)
 - 1-MCP a 400 $\mu\text{g L}^{-1}$ por 3 min sin THC
 - 1-MCP a 800 $\mu\text{g L}^{-1}$ por 3 min sin THC
 - 1-MCP a 1200 $\mu\text{g L}^{-1}$ por 3 min sin THC
 - Testigo Hidrotérmico (Con THC; sin 1-MCP)
 - 1-MCP a 400 $\mu\text{g L}^{-1}$ por 3 min con THC
 - 1-MCP a 800 $\mu\text{g L}^{-1}$ por 3 min con THC
 - 1-MCP a 1200 $\mu\text{g L}^{-1}$ por 3 min con THC
- Variedades:** 'Ataulfo', 'Tommy Atkins', 'Kent', y 'Keitt'

Variedad	Origen	Cosecha	Tratamiento	THC	Empacadora
Ataulfo	El Zopilote, Nay	26/May/14	27/May/14	75 + 10'	NATURAMEX
Tommy	Nva. Italia Mich.	26/Abr/14	28/Abr/14	90 + 10'	ALEX
Kent	Tierra Generosa, Nay	25/Jun/14	26/Jun/14	90 + 10'	ALEX
Keitt	Culiacan Sin.	21/Jul/14	22/Jul/14	90 + 10'	ALEX

- Estado de madurez:** Frutos en madurez fisiológica (sazón).
- Tiempo de THC:** Acorde al protocolo de USDA-APHIS: Ataulfo (75 min); Tommy Atkins, Kent and Keitt (90 min) con los 10 min adicionales por enfriamiento inmediato de 20 min después del THC.
- Almacenamiento:** Tres semanas en refrigeración (12 ± 1 °C; 90 ± 5 % HR) + Simulación de mercadeo (22 ± 2 °C; 75 ± 10 % HR) hasta madurez de consumo.
- Muestreos:** Los muestreos se realizaron al inicio, al término de refrigeración y a los 4 y 7 días de simulación de mercadeo.
- Variables a medir:** Materia seca, pérdida de peso, apariencia externa (con base a escala), color de cáscara (sólo en Ataulfo y Keitt), firmeza de la pulpa, color de pulpa, sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Bx}$) y acidez titulable.

Descripción detallada de la metodología

Para cada variedad en particular en una empaedora comercial de mango para exportación determinada se obtuvieron 40 frutos por tratamiento, los cuales se colectaron inmediatamente después del lavado y ya clasificados para THC de 90 min considerando solamente aquéllos en madurez fisiológica (sazones), con excelente apariencia externa y libre de daños mecánicos y/o de plagas y enfermedades. Se formaron dos grupos: a) Frutos con THC e hidrogenfriado y b) Frutos sin THC ni hidrogenfriado. Los tratamientos aplicados fueron: a. Testigo Absoluto (Sin THC; sin 1-MCP); b. 1-MCP a $400 \mu\text{g L}^{-1}$ por 3 min sin THC; c. 1-MCP a $800 \mu\text{g L}^{-1}$ por 3 min sin THC; d. 1-MCP a $1200 \mu\text{g L}^{-1}$ por 3 min sin THC; e. Testigo Hidrotérmico (Con THC; sin 1-MCP); f. 1-MCP a $400 \mu\text{g L}^{-1}$ por 3 min con THC; g. 1-MCP a $800 \mu\text{g L}^{-1}$ por 3 min con THC y h. 1-MCP a $1200 \mu\text{g L}^{-1}$ por 3 min con THC. El 1-MCP acuoso (AFxRD-038) a dosis de 0, 400, 800 y 1,200 $\mu\text{g L}^{-1}$ en agua de la llave fue aplicado por inmersión por 3 min simultáneamente a frutos con o sin THC. Los frutos con THC fueron sometidos a $46.1 \text{ }^\circ\text{C}$ por 90 min más hidrogenfriado a $21\text{-}23 \text{ }^\circ\text{C}$ por 30 min, en tanto que los que no llevaron THC se mantuvieron a condiciones ambientales. Al término de los tratamientos ambos grupos se trasladaron al laboratorio postcosecha del INIFAP-C.E. Santiago Ixcuintla para su análisis inicial y conservación en refrigeración ($12 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$; $90 \pm 5 \text{ \% HR}$) por tres semanas y posterior simulación de mercadeo ($22 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$; $75 \pm 10 \text{ \% HR}$) hasta madurez de consumo. Los muestreos se realizaron al inicio y al final del almacenamiento refrigerado y después al día 4 y 7 de simulación de mercadeo. Se utilizó un diseño factorial considerando el Factor A (con o sin THC) y el Factor B (las dosis de 1-MCP) con 10 frutos para pérdida de peso y cinco para el resto de variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I. TEMPORADA 2013.

I.1. VARIEDAD ATAULFO.

En el Cuadro 1 se consigna el Análisis de Varianza del efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre las principales variables de calidad en la variedad 'Ataulfo'. Se observó que el efecto del 1-MCP acuoso fue únicamente sobre la Apariencia Externa de los frutos y que no se detectaron diferencias significativas para ninguna otra de las variables.

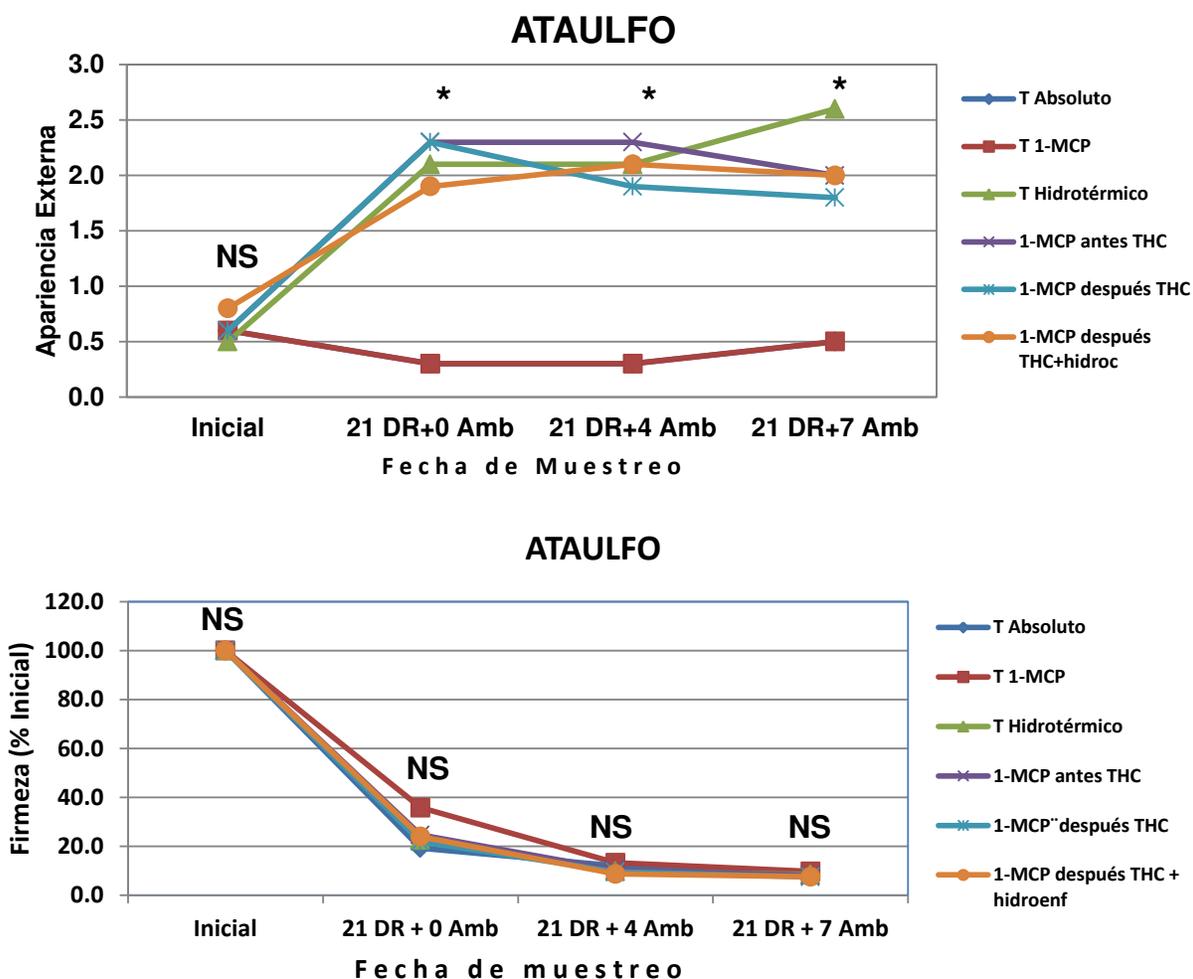
Cuadro 1. Análisis de varianza del efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre las principales variables de calidad en la variedad 'Ataulfo'. Nayarit, México. Temporada 2013.

Variable	Inicial	21 DR + 0 Amb	21 DR + 4 Amb	21 DR + 7 Amb
Pérdida de peso	NS	NS	NS	NS
Apariencia Externa	NS	*	*	*
Firmeza	NS	NS	NS	NS
Color de Pulpa	NS	NS	NS	NS
SST	NS	NS	NS	NS
Acidez	NS	NS	NS	NS

NS = No Significativo * = Significativo ($p \leq 0.05$) ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

En la Figura 1 se ilustran el efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre la Apariencia Externa y la Firmeza de frutos de la variedad 'Ataulfo'. Se observó que el Testigo absoluto (sin THC ni 1-MCP) y el Testigo 1-MCP (1-MCP en frutos sin THC) no causaron ningún daño a los frutos en ninguno de los muestreos realizados. Sin embargo, al término de la simulación de traslado refrigerado, el Testigo con THC y los tratamientos con 1-MCP en cualquiera de las combinaciones con el THC causaron daños excesivos a los frutos (manchas en la cáscara y ennegrecimiento de lenticelas), tendencia que se mantuvo hasta madurez de consumo. En lo que concierne a la firmeza

de los frutos, el 1-MCP acuoso no funcionó en ninguna de la combinación de tratamientos ya que no se detectaron diferencias significativas para esta variable en ninguno de los muestreos realizados.



0 = Excelente (fruto sin daño); 1 = Buena (daño ligero); 2 = Regular (daño moderado); 3 = Mala (daño severo)

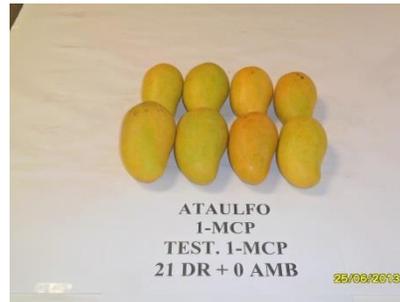
Figura 1. Efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre la Apariencia Externa y Firmeza (% inicial) de frutos de la variedad 'Ataulfo'. Nayarit, México. Temporada 2013.

GALERÍA DE FOTOS ATAULFO 2013

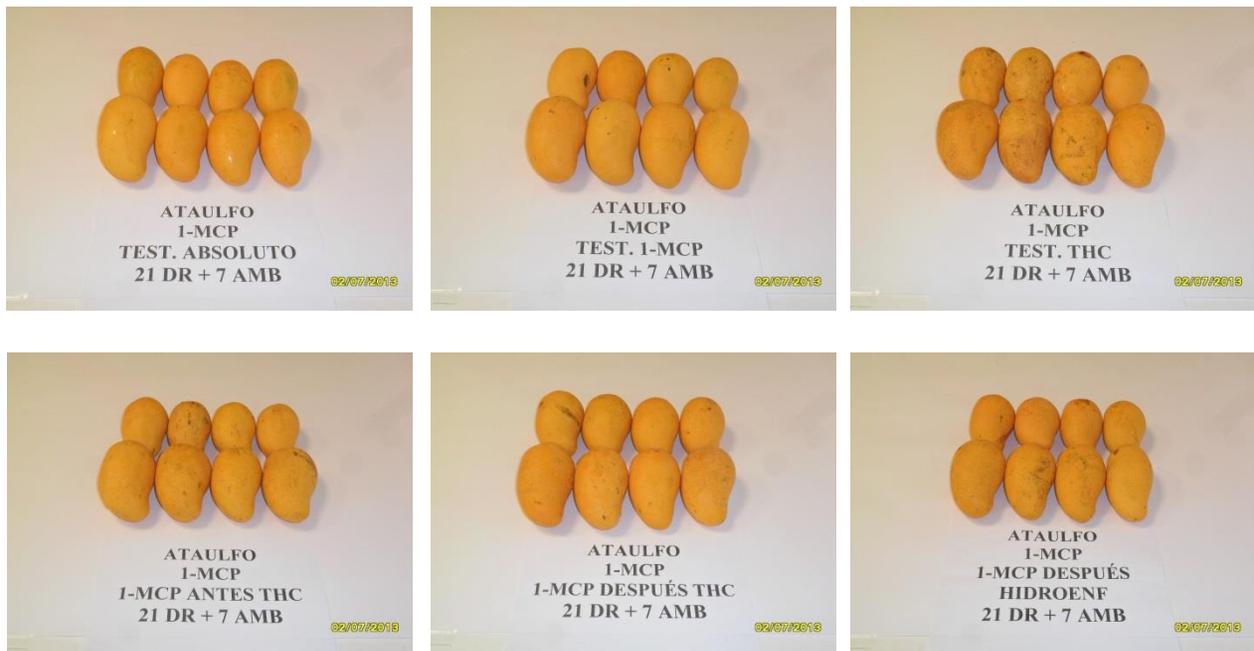
a. Fotos al Inicio del Experimento



b. Fotos al Término de Refrigeración



c. Fotos a consumo



I.2. VARIEDAD TOMMY ATKINS.

En el Cuadro 2 se consigna el Análisis de Varianza del efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre las principales variables de calidad en la variedad 'Tommy Atkins'. Se observó que el efecto del 1-MCP acuoso fue principalmente sobre la Pérdida de peso y la Apariencia Externa de los frutos, aunque se detectaron diferencias significativas para color de pulpa y SST pero no para Firmeza ni Acidez.

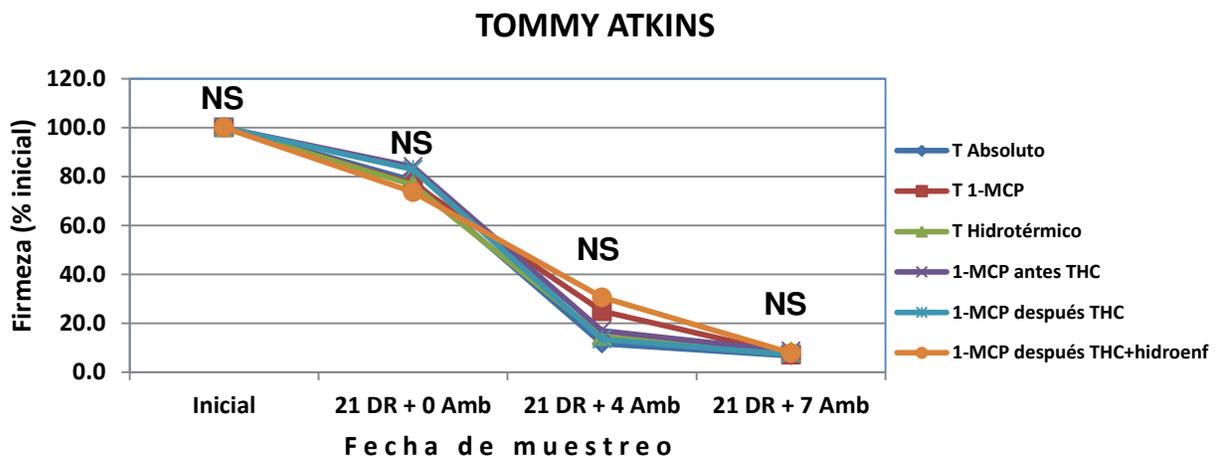
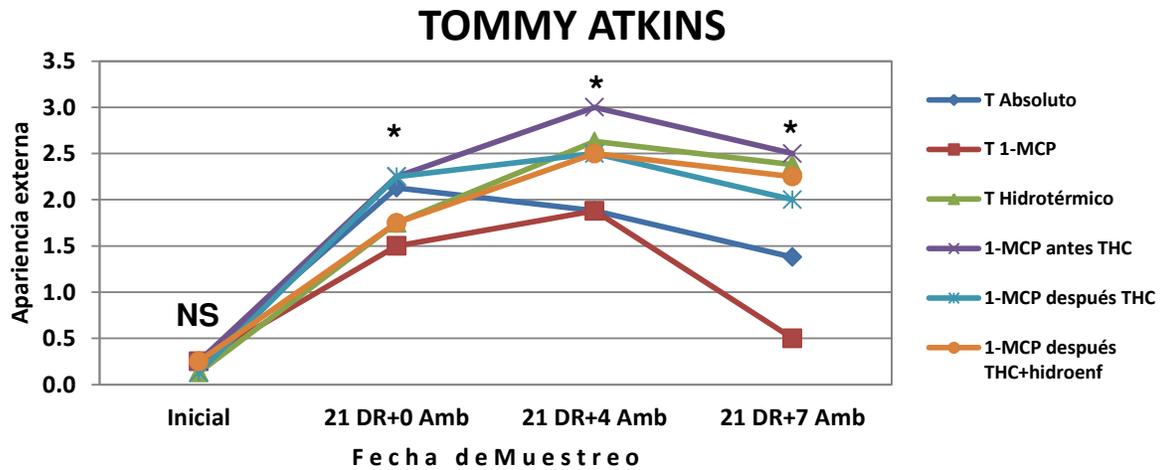
Cuadro 2. Análisis de varianza del efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre las principales variables de calidad en la variedad ‘Tommy Atkins’. Nayarit, México. Temporada 2013.

Variable	Inicial	21 DR + 0 Amb	21 DR + 4 Amb	21 DR + 7 Amb
Pérdida de peso	NS	*	*	*
Apariencia Externa	NS	NS	*	*
Firmeza	NS	NS	NS	NS
Color de Pulpa	NS	NS	NS	*
SST	NS	*	NS	*
Acidez	NS	NS	NS	NS

NS = No Significativo * = Significativo ($p \leq 0.05$) ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

En la Figura 2 se ilustran el efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre la Apariencia Externa y la Firmeza de frutos de la variedad ‘Tommy Atkins’. Se observó que el Testigo absoluto (sin THC ni 1-MCP) y el Testigo 1-MCP (1-MCP en frutos sin THC) causaron significativamente menores daños al término de las tres semanas de simulación de traslado refrigerado que cualquiera de los tratamientos de 1-MCP acuoso en combinación con el THC. Sin embargo, a consumo el daño causado por el 1-MCP en combinación con el THC se exacerbó mostrando manchas en la cáscara y ennegrecimiento de lenticelas, en tanto que los tratamientos Testigo absoluto y Testigo 1-MCP mostraron daños menos severos.

En lo que concierne a la firmeza de los frutos, el 1-MCP acuoso no funcionó en ninguna de la combinación de tratamientos ya que no se detectaron diferencias significativas para esta variable en ninguna de las etapas de muestreo.

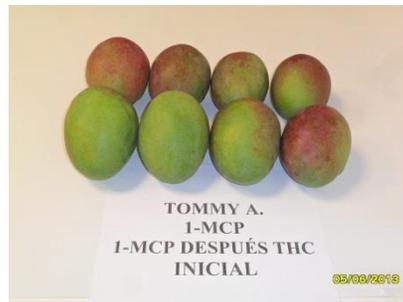


0=Excelente (sin daño); 1=Buena (daño ligero); 2=Regular (daño moderado); 3=Mala (daño severo)

Figura 2. Efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre la Apariencia Externa y Firmeza (% inicial) de frutos de la variedad 'Tommy Atkins'. Nayarit, México. Temporada 2013.

GALERÍA DE FOTOS TOMMY ATKINS 2013

a. Fotos al Inicio del Experimento



b. Fotos al Término de Refrigeración



c. Fotos a consumo



I.3. VARIEDAD HADEN.

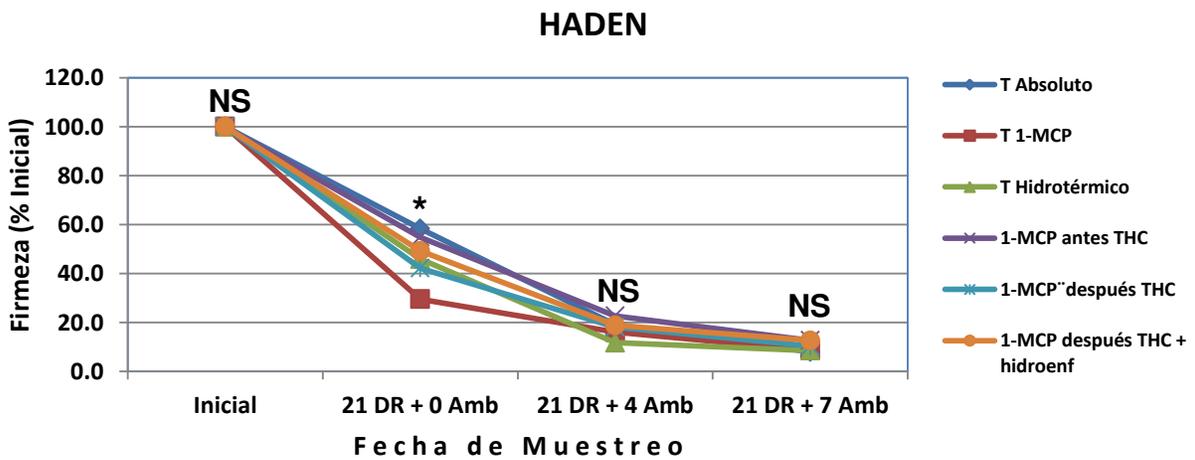
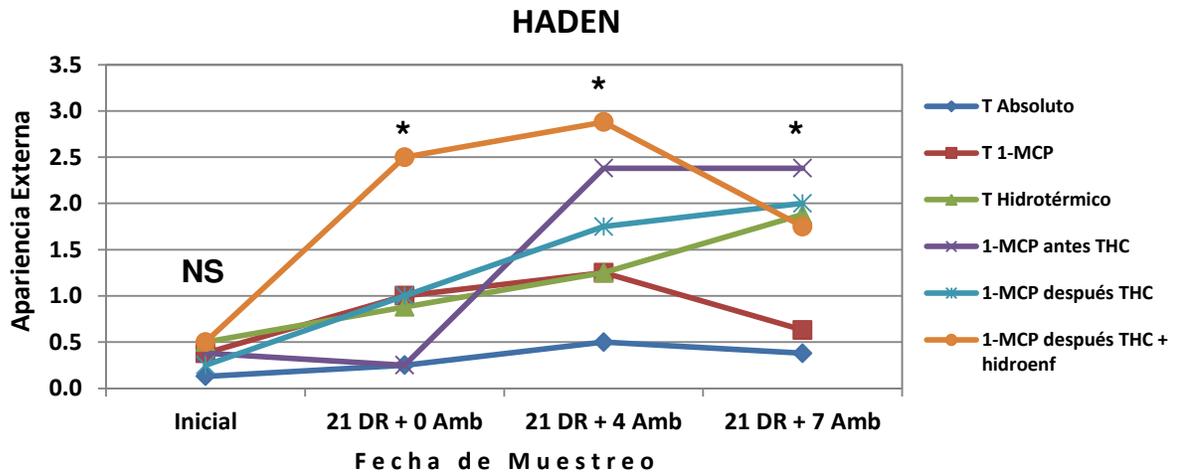
En el Cuadro 3 se consigna el Análisis de Varianza del efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre las principales variables de calidad en la variedad 'Haden'. Se observó que el efecto del 1-MCP acuoso fue significativo sólo para Apariencia Externa a partir de los muestreos de término de simulación de traslado refrigerado y hasta consumo, en tanto que para Firmeza se detectaron diferencias significativas para tratamientos sólo para el muestreo al término de simulación de traslado refrigerado. No se detectaron diferencias significativas para ninguna otra de las variables.

Cuadro 3. Análisis de varianza del efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre las principales variables de calidad en la variedad ‘Haden’. Nayarit, México. Temporada 2013.

Variable	Inicial	21 DR + 0 Amb	21 DR + 4 Amb	21 DR + 7 Amb
Pérdida de peso	NS	NS	NS	NS
Apariencia Externa	NS	*	*	*
Firmeza	NS	*	NS	NS
Color de Pulpa	NS	NS	NS	NS
SST	NS	NS	NS	NS
Acidez	NS	NS	NS	NS

NS = No Significativo * = Significativo ($p \leq 0.05$) ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

En la Figura 3 se ilustran el efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre la Apariencia Externa y la Firmeza de frutos de la variedad ‘Haden’. Con relación a Apariencia Externa se observaron resultados más irregulares que en ‘Ataulfo’ o ‘Tommy Atkins’ al término de la simulación de traslado refrigerado ya que solo el 1-MCP acuoso aplicado después de THC + hidrogenado fue el tratamiento que mostró daños más severos que cuando el 1-MCP se aplicó antes o después del THC. Sin embargo, a consumo fue exactamente la misma tendencia que en las otras dos variedades, ya que el Testigo absoluto (sin THC ni 1-MCP) y el Testigo 1-MCP (1-MCP en frutos sin THC) causaron significativamente menores daños que cualquiera de los tratamientos de 1-MCP acuoso en combinación con el THC. En lo que concierne a la firmeza de los frutos, el 1-MCP acuoso no funcionó en ninguna de la combinación de tratamientos ya que aunque se detectaron diferencias significativas al término de la simulación de traslado refrigerado, éstas fueron contrarias a lo esperado ya que el Testigo Absoluto fue el tratamiento que conservó el mayor porcentaje de firmeza inicial y el tratamiento de 1-MCP sin THC fue el que menos conservó la firmeza inicial. Estos resultados muestran también que la respuesta del 1-MCP acuoso está en función de la variedad por lo que no se puede extrapolar información obtenida en una variedad y generalizar hacia todas las variedades de mango.



0=Excelente (sin daño); 1=Buena (daño ligero); 2=Regular (daño moderado); 3=Mala (daño severo)

Figura 3. Efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre la Apariencia Externa y Firmeza (% inicial) de frutos de la variedad ‘Haden’. Nayarit, México. Temporada 2013.

GALERÍA DE FOTOS HADEN 2013

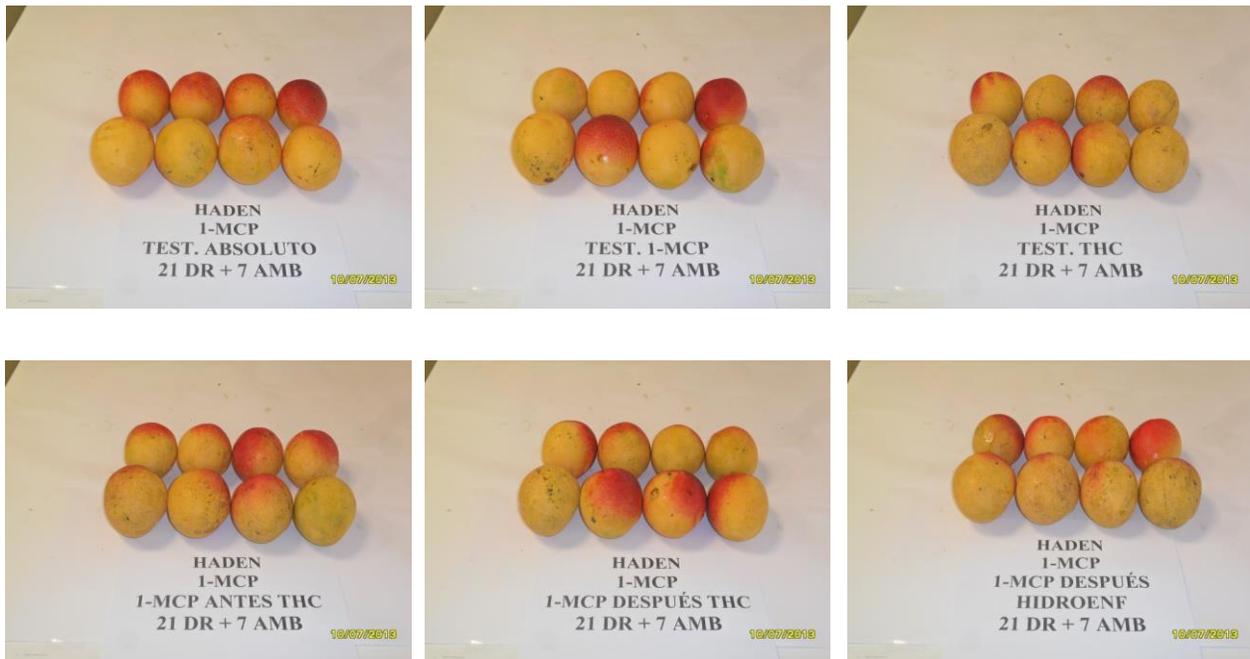
a. Fotos al Inicio del Experimento



b. Fotos al Término de Refrigeración



c. Fotos a consumo



I.4. VARIEDAD KENT.

En el Cuadro 4 se consigna el Análisis de Varianza del efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre las principales variables de calidad en la variedad 'Kent'. En esta variedad se observa un espectro de acción mayor del 1-MCP acuoso ya que se detectaron diferencias significativas para Pérdida de peso y Apariencia Externa en los muestreos de término de simulación de traslado refrigerado, simulación de mercadeo y a consumo. Para firmeza se detectaron diferencias significativas al término de simulación de traslado refrigerado y simulación de mercadeo, en tanto que para Color de pulpa se detectaron diferencias significativas al término de simulación de traslado refrigerado y a madurez de consumo mientras que para SST se detectaron diferencias sólo al término de simulación de traslado refrigerado. Solo en Acidez no se detectaron diferencias significativas en ninguno de los muestreos.

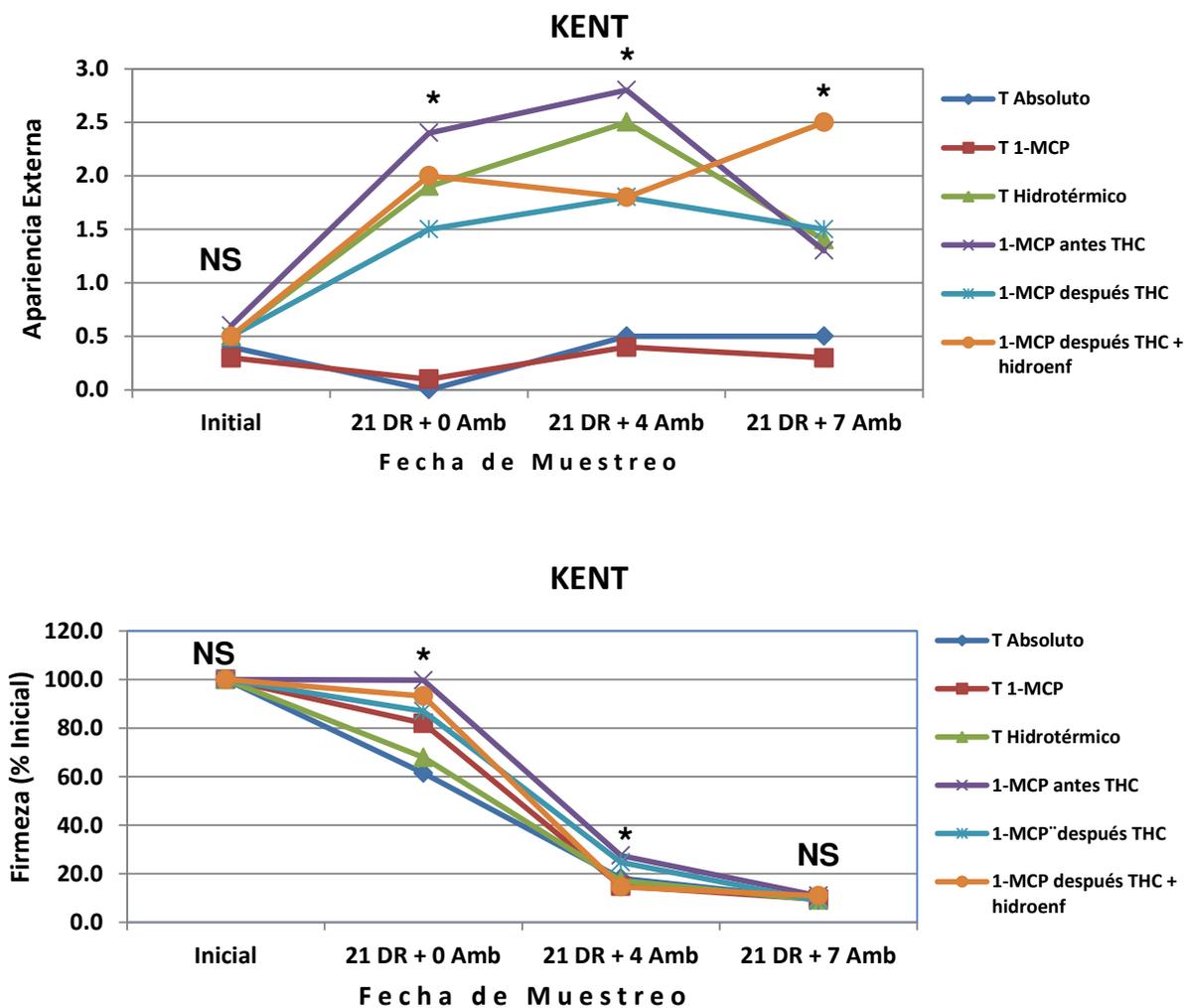
Cuadro 4. Análisis de varianza del efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre las principales variables de calidad en la variedad 'Kent'. Nayarit, México. Temporada 2013.

Variable	Inicial	21 DR + 0 Amb	21 DR + 4 Amb	21 DR + 7 Amb
Pérdida de peso	NS	*	*	*
Apariencia Externa	NS	*	*	*
Firmeza	NS	*	*	NS
Color de Pulpa	NS	*	NS	*
SST	NS	*	NS	NS
Acidez	NS	NS	NS	NS

NS = No Significativo * = Significativo ($p \leq 0.05$) ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

En la Figura 4 se ilustran el efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre la Apariencia Externa y la Firmeza de frutos de la variedad 'Kent'. Se observó que el Testigo absoluto (sin THC ni 1-MCP) y el Testigo 1-MCP (1-MCP en frutos sin THC) no causaron ningún daño a los frutos en ninguno de los muestreos realizados. Sin embargo, al término de la simulación de traslado refrigerado, el Testigo con THC y los tratamientos con 1-MCP en cualquiera de las combinaciones con el THC causaron daños excesivos a los frutos (manchas en la cáscara y ennegrecimiento de lenticelas), tendencia que se mantuvo hasta madurez de consumo. En lo que concierne a la firmeza de los frutos, el 1-MCP acuoso demostró su potencial para alargar vida de anaquel ya que al término de la simulación de traslado refrigerado el 1-MCP acuoso en cualquiera de sus combinaciones mantuvo al menos el 80% inicial de la firmeza de los frutos. Esta etapa es la más crítica en el traslado de mango 'Kent' que procede de Sudamérica, pero desafortunadamente aunque el 1-MCP mantiene firmeza, se manifiesta la interacción negativa con el THC al causar manchas en la cáscara y ennegrecimiento de lenticelas, en tanto que los tratamientos Testigo absoluto y Testigo 1-MCP no mostraron ningún daño. Lo anterior impediría el uso del 1-MCP para mercados que demandan THC pero podría ser útil para mercados como Canadá y la Unión Europea que no requieren THC

obligatorio. Además, el 1-MCP retrasó el proceso de maduración al atenuar el desarrollo del color de pulpa y retrasar el incremento de los SST.



0=Excelente (sin daño); 1=Buena (daño ligero); 2=Regular (daño moderado); 3=Mala (daño severo)

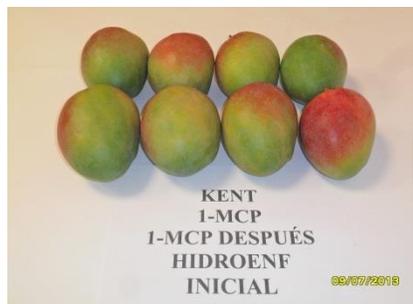
Figura 4. Efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre la Apariencia Externa y Firmeza (% inicial) de frutos de la variedad 'Kent'. Nayarit, México. Temporada 2013.

GALERÍA DE FOTOS KENT 2013

a. Fotos al Inicio del Experimento



b. Fotos al Término de Refrigeración



c. Fotos a consumo



I.5. VARIEDAD KEITT.

En el Cuadro 5 se consigna el Análisis de Varianza del efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre las principales variables de calidad en la variedad 'Keitt'. En esta variedad se observa un espectro de acción mayor del 1-MCP acuoso ya que se detectaron diferencias significativas para Pérdida de peso y Apariencia Externa en los muestreos de término de simulación de traslado refrigerado, simulación de mercadeo y a consumo. Para firmeza se detectaron diferencias significativas al término de simulación de traslado refrigerado y simulación de mercadeo, en tanto que para Color de pulpa se detectaron diferencias significativas sólo al término de simulación de traslado refrigerado. No se detectaron diferencias significativas para SST y Acidez en ninguno de los muestreos.

Cuadro 5. Análisis de varianza del efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre las principales variables de calidad en la variedad 'Keitt'. Nayarit, México. Temporada 2013.

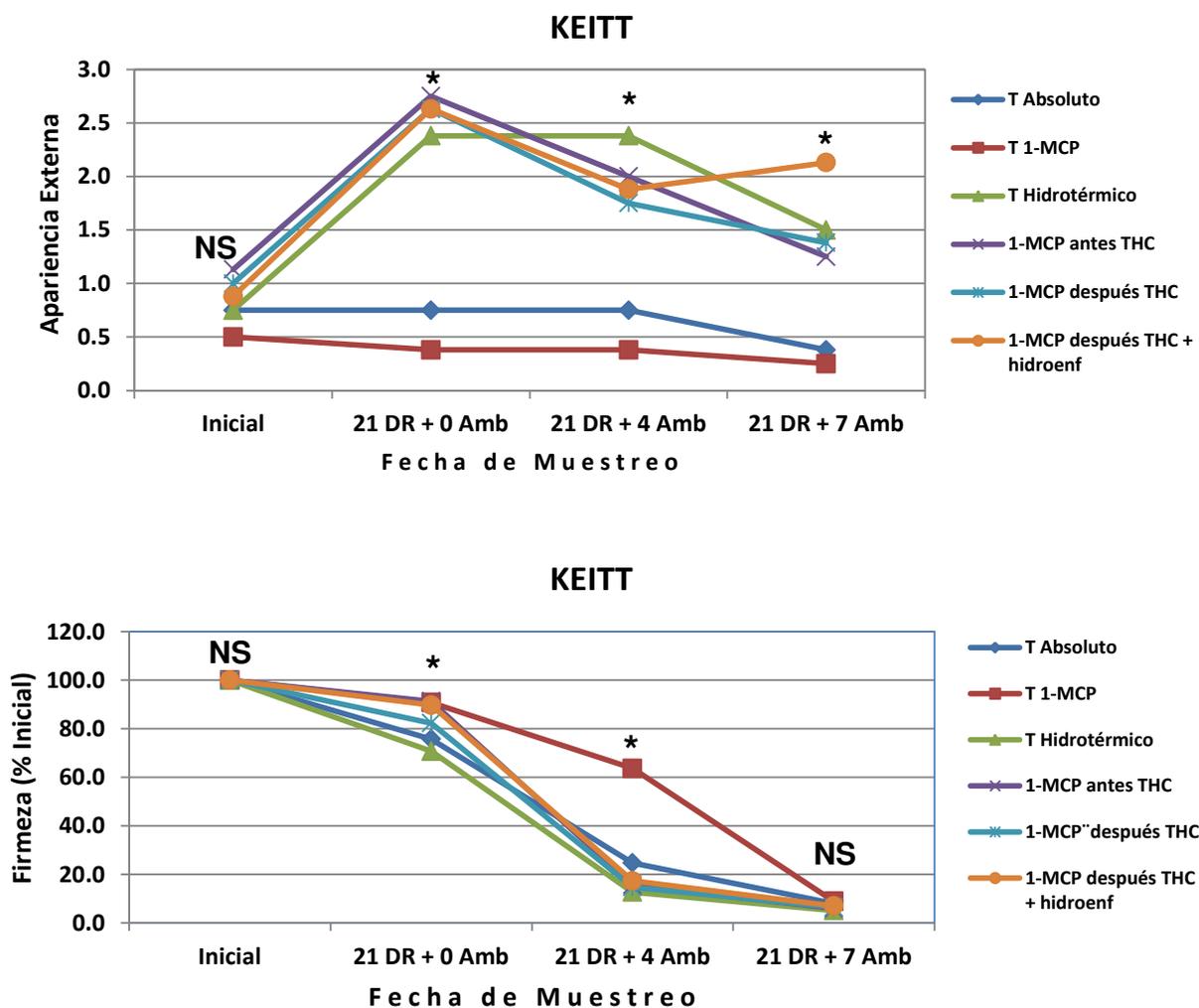
Variable	Inicial	21 DR + 0 Amb	21 DR + 4 Amb	21 DR + 7 Amb
Pérdida de peso	NS	*	*	*
Apariencia Externa	NS	*	*	*
Firmeza	NS	*	*	NS
Color de Pulpa	NS	*	NS	NS
SST	NS	NS	NS	NS
Acidez	NS	NS	NS	NS

NS = No Significativo * = Significativo ($p \leq 0.05$) ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

En la Figura 5 se ilustran el efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre la Apariencia Externa y la Firmeza de frutos de la variedad 'Keitt'. Se observó que el Testigo absoluto (sin THC ni 1-MCP) y el Testigo 1-MCP (1-MCP en frutos sin THC) no causaron ningún daño a los frutos en ninguno de los muestreos realizados. Sin embargo, al término de la simulación de traslado refrigerado, el Testigo con THC y los tratamientos con 1-MCP en cualquiera de las combinaciones con el THC causaron daños excesivos a los frutos (manchas en la cáscara y ennegrecimiento de lenticelas), tendencia que se mantuvo hasta madurez de consumo.

En lo que concierne a la firmeza de los frutos, el 1-MCP acuoso demostró su potencial para alargar vida de anaquel ya que al término de la simulación de traslado refrigerado el 1-MCP acuoso en cualquiera de sus combinaciones mantuvo al menos el 80% inicial de la firmeza de los frutos. Esta tendencia continuó para el Testigo 1-MCP durante el día 4 de simulación de mercadeo al mantener el 60% de la firmeza inicial de los frutos, en tanto que cualquiera de los otros tratamientos mantuvo solo alrededor del 20% de la firmeza inicial. Desafortunadamente en 'Keitt' se observó una tendencia similar a 'Kent', ya que aunque el 1-MCP mantuvo firmeza por mayor tiempo, también se manifestó la interacción negativa con el THC al causar manchas en la cáscara y

ennegrecimiento de lenticelas, en tanto que los tratamientos Testigo absoluto y Testigo 1-MCP no mostraron ningún daño. Lo anterior impediría el uso del 1-MCP para mercados que demandan THC pero podría ser útil para mercados como Canadá y la Unión Europea que no requieren THC obligatorio. Además, el 1-MCP retrasó el proceso de maduración al mantener firmeza por mayor tiempo y atenuar el desarrollo del color de pulpa.



0=Excelente (sin daño); 1=Buena (daño ligero); 2=Regular (daño moderado); 3=Mala (daño severo)

Figura 5. Efecto de los tratamientos de 1-MCP acuoso sobre la Apariencia Externa y Firmeza (% inicial) de frutos de la variedad 'Keitt'. Nayarit, México. Temporada 2013.

GALERÍA DE FOTOS KEITT 2013

a. Fotos al Inicio del Experimento



b. Fotos al Término de Refrigeración



c. Fotos a consumo



II. TEMPORADA 2014.

II.1. VARIEDAD ATAULFO.

Debido a que en la temporada 2013 no fue posible precisar si los daños a los frutos se debieron solo a la aplicación del 1-MCP acuoso, al THC, o a una combinación de ambos, en la temporada 2014 en Nayarit se estableció un segundo experimento para tratar de dilucidar el efecto de ambos factores. En el Cuadro 6 se consigna el Análisis de Varianza del efecto del THC sobre las principales variables de calidad en la variedad 'Ataulfo'. Se observó que el efecto del THC incidió sobre la Apariencia Externa de los frutos en todas las etapas de muestreo, en tanto que para color de cáscara fue solo significativo para los muestreos realizados al término de simulación de traslado refrigerado y al día 4 de simulación de mercadeo. Firmeza, color de pulpa y SST no fueron afectados por el THC en ninguna etapa aunque Acidez y la relación °Bx/Acidez fueron afectadas a consumo.

Cuadro 6. Análisis de varianza del efecto del Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario (THC) sobre las principales variables de calidad en la variedad 'Ataulfo'. Nayarit, México. Temporada 2014.

Variables	Hidrotérmico			
	Inicial	21 DR + 0 AMB	21 DR + 4 AMB	21 DR + 7 AMB
PFP	NS	NS	NS	NS
A.EXTERNA	NS	*	*	*
CASCARA (A)	NS	*	*	NS
FIRMEZA	NS	NS	NS	NS
PUL. (Hue)	NS	NS	NS	NS
SST	NS	NS	NS	NS
ACIDEZ	NS	NS	NS	*
REL.°Bx- ACIDEZ	NS	NS	NS	*

NS = No Significativo * = Significativo ($p \leq 0.05$) ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

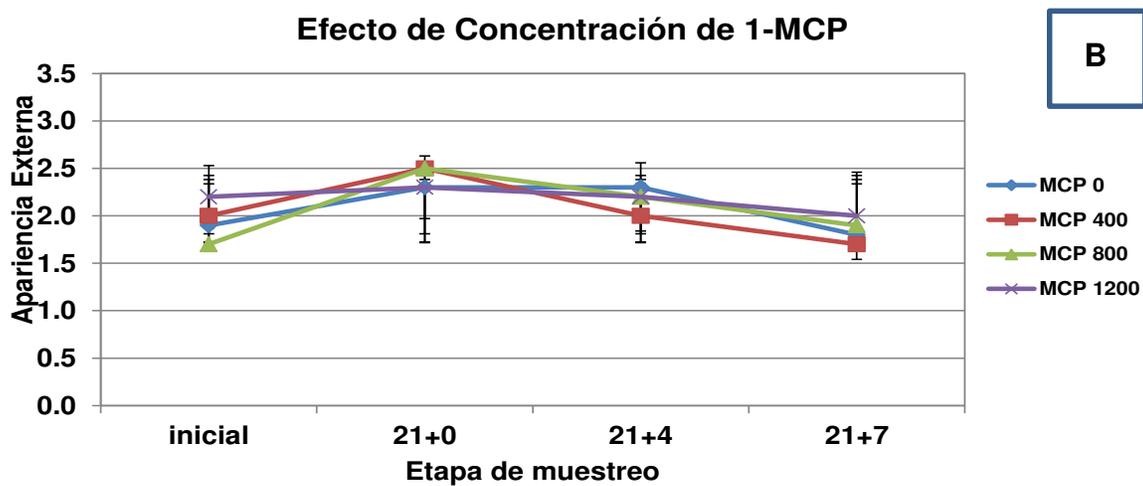
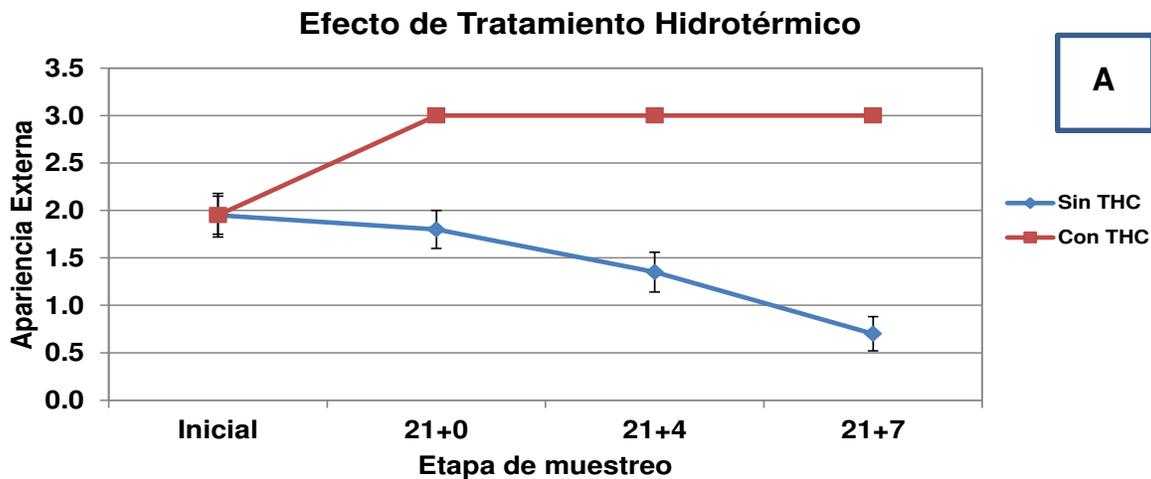
En lo que respecta al efecto de las dosis de 1-MCP acuoso (0, 400, 800 y 1200 $\mu\text{g L}^{-1}$), sólo la pérdida de peso fue afectada significativamente en las etapas de simulación de traslado refrigerado, mercadeo y consumo. Las dosis de 1-MCP prácticamente no afectaron ninguna otra de las variables al término de la simulación de traslado refrigerado (a excepción de los SST y la relación °Bx/Acidez), solo a consumo además de pérdida de peso, se detectaron diferencias significativas para color de cáscara, color de pulpa y contenido de SST.

Cuadro 7. Análisis de varianza del efecto de las dosis de 1-MCP acuoso (0, 400, 800 y 1200 µg L⁻¹) sobre las principales variables de calidad en la variedad ‘Ataulfo’. Nayarit, México. Temporada 2014.

Variables	1-MCP			
	Inicial	21 DR + 0 AMB	21 DR + 4 AMB	21 DR + 7 AMB
PFP	NS	*	*	*
A.EXTERNA	NS	NS	NS	NS
CÁSCARA (A)	NS	NS	NS	*
FIRMEZA	NS	NS	NS	NS
PUL. (Hue)	NS	NS	NS	*
SST	NS	*	NS	*
ACIDEZ	NS	NS	NS	NS
REL.°Bx- ACIDEZ	NS	*	NS	NS

NS = No Significativo * = Significativo ($p \leq 0.05$) ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

El efecto más espectacular del THC se observó sobre la Apariencia Externa de los frutos (Figura 6A). Aquéllos que recibieron THC mostraron un daño severo desde el término de la simulación de traslado refrigerado hasta madurez de consumo, en tanto que los que no recibieron THC iniciaron al término de refrigeración con valores de daño moderado y a consumo lucían una apariencia externa de Excelente a Buena. En contraste, las dosis de 1-MCP no mostraron diferencias significativas entre ellas para Apariencia Externa (Figura 6B) en ninguno de los muestreos mostrando solo daño moderado.



0=Excelente (sin daño); 1=Buena (daño ligero); 2=Regular (daño moderado); 3=Mala (daño severo)

Figura 6. Efecto del Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario (A) y Dosis de 1-MCP acuoso (B) sobre la Apariencia Externa de frutos de la variedad 'Ataulfo'. Nayarit, México. Temporada 2014.

En lo que respecta a Firmeza, se notó el efecto benéfico del THC ya que al término de la simulación de traslado refrigerado y a consumo, los frutos sometidos al THC mostraron una firmeza significativamente mayor que los no sometidos al THC (Figura 7A). En cambio, el 1-MCP acuoso no funcionó en ninguna de las dosis ya que no se detectaron diferencias significativas para esta variable en ninguno de los muestreos realizados (Figura 7B).

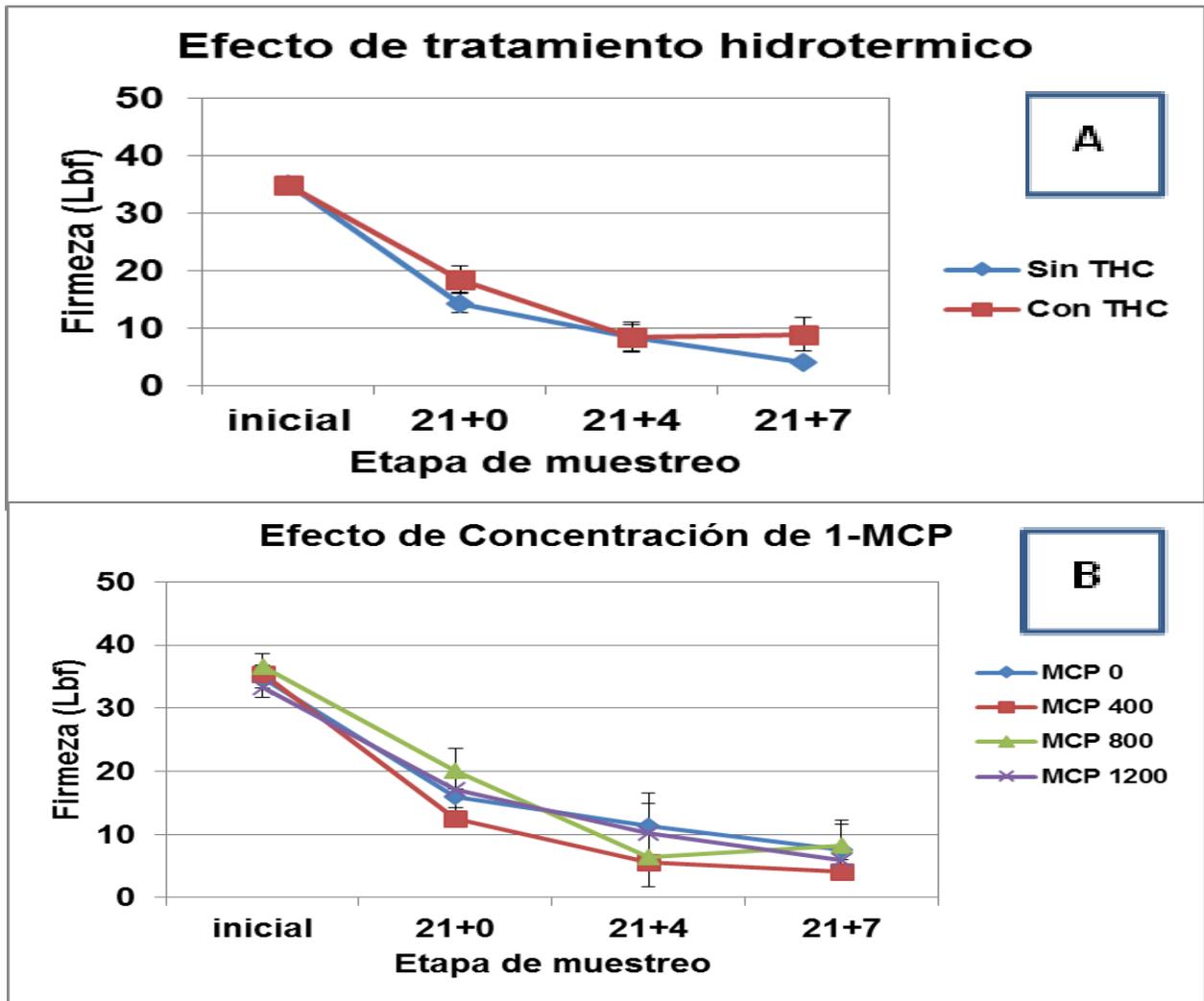


Figura 7. Efecto del Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario (A) y Dosis de 1-MCP acuoso (B) sobre la Firmeza (Lbf) de frutos de la variedad 'Ataulfo'. Nayarit, México. Temporada 2014.

GALERÍA DE FOTOS ATAULFO 2014

a. Fotos al Inicio del Experimento



b. Fotos al Término de Refrigeración



c. Fotos a consumo



II.2. VARIEDAD TOMMY ATKINS.

En el Cuadro 8 se consigna el Análisis de Varianza del efecto del THC sobre las principales variables de calidad en la variedad 'Tommy Atkins'. Se observó que el efecto del THC incidió sobre la Pérdida de peso y Firmeza de los frutos en todas las etapas de muestreo, en tanto que para Apariencia Externa fue significativo para los muestreos realizados al término de simulación de traslado refrigerado y a consumo. El color de pulpa sólo presentó diferencias significativas a consumo; los SST no fueron afectados por el THC en ninguna etapa pero la Acidez y la relación °Bx/Acidez fueron afectadas sólo al término de la simulación de traslado refrigerado.

Cuadro 8. Análisis de varianza del efecto del Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario (THC) sobre las principales variables de calidad en la variedad ‘Tommy Atkins’. Nayarit, México. Temporada 2014.

Variables	Hidrotérmico			
	Inicial	21 DR + 0 AMB	21 DR + 4 AMB	21 DR + 7 AMB
PFP	NS	*	*	*
A.EXTERNA	NS	*	NS	*
FIRMEZA	NS	*	*	*
PUL. (Hue)	NS	NS	NS	*
SST	NS	NS	NS	NS
ACIDEZ	*	*	NS	NS
REL.°Bx- ACIDEZ	*	*	NS	NS

NS = No Significativo * = Significativo ($p \leq 0.05$) ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

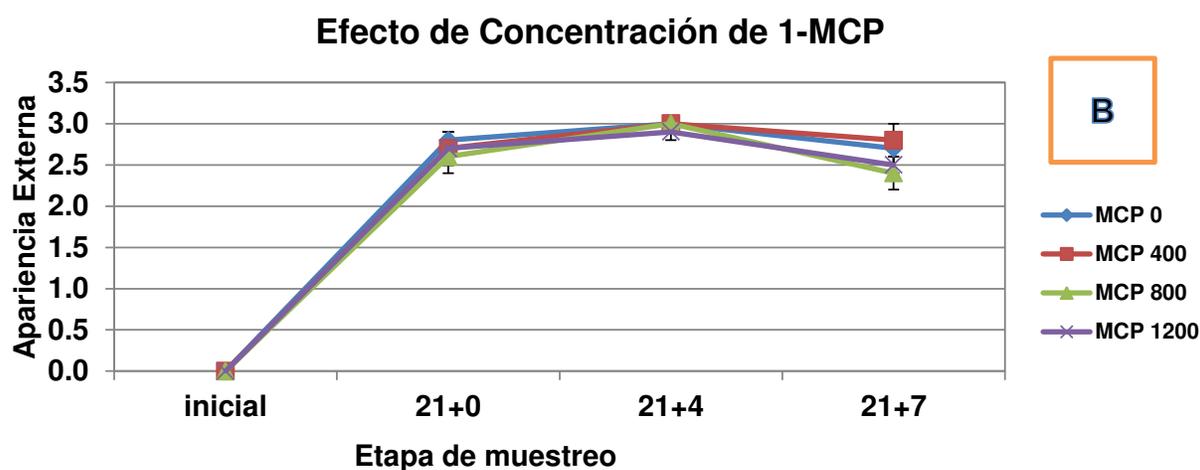
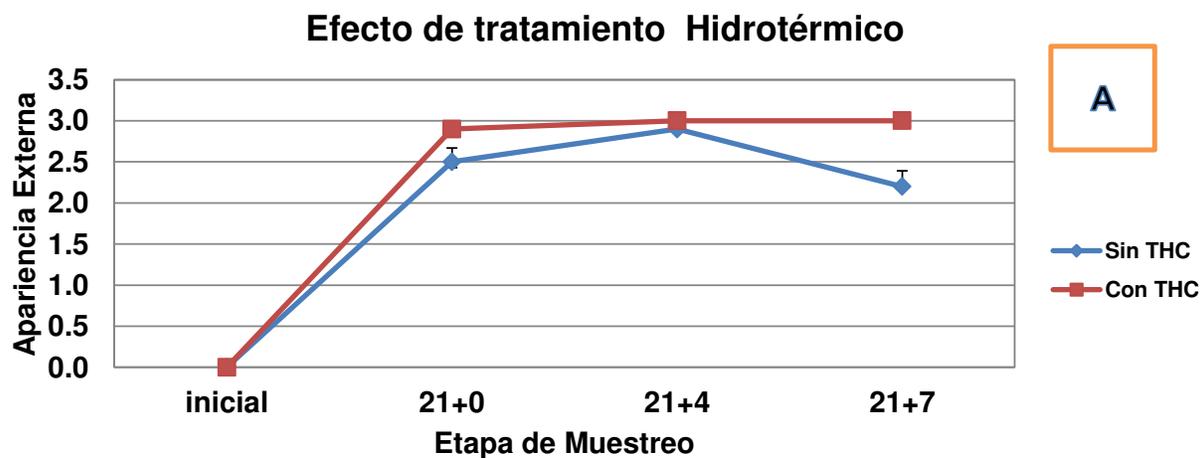
En lo que respecta al efecto de las dosis de 1-MCP acuoso (0, 400, 800 y 1200 $\mu\text{g L}^{-1}$), sólo la pérdida de peso fue afectada significativamente en todas las etapas de muestreo (Cuadro 9). La Apariencia externa y los SST no presentaron diferencias significativas en ninguna etapa de muestreo; la Firmeza solo fue afectada significativamente durante mercadeo, en tanto que el color de pulpa y la Relación °Bx/Acidez lo fueron a consumo y la Acidez durante mercadeo y a consumo.

Cuadro 9. Análisis de varianza del efecto de las dosis de 1-MCP acuoso (0, 400, 800 y 1200 µg L⁻¹) sobre las principales variables de calidad en la variedad ‘Tommy Atkins’. Nayarit, México. Temporada 2014.

Variables	1-MCP			
	Inicial	21 DR + 0 AMB	21 DR + 4 AMB	21 DR + 7 AMB
PFP	NS	*	*	*
A.EXTERNA	NS	NS	NS	NS
FIRMEZA	*	NS	*	NS
PUL. (Hue)	NS	NS	NS	*
SST	NS	NS	NS	NS
ACIDEZ	NS	NS	*	*
REL. °Bx- ACIDEZ	NS	NS	NS	*

NS = No Significativo * = Significativo ($p \leq 0.05$) ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

Para esta variedad en particular, el efecto del THC sobre la Apariencia Externa de los frutos no fue tan espectacular (Figura 8A), ya que pese a que se detectaron diferencias significativas entre frutos sometidos y no al THC al término de simulación de traslado refrigerado y a consumo, en ambos casos los frutos tuvieron una apariencia de Regular a Mala. En contraste, las dosis de 1-MCP no mostraron diferencias significativas entre ellas para Apariencia Externa (Figura 8B) en ninguno de los muestreos mostrando daño de moderado a severo.



0=Excelente (sin daño); 1=Buena (daño ligero); 2=Regular (daño moderado); 3=Mala (daño severo)

Figura 8. Efecto del Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario (A) y Dosis de 1-MCP acuoso (B) sobre la Apariencia Externa de frutos de la variedad 'Tommy Atkins'. Nayarit, México. Temporada 2014.

En lo que respecta a Firmeza, se notó el efecto benéfico del THC ya que al término de la simulación de traslado refrigerado, durante mercadeo y a consumo, los frutos sometidos al THC mostraron una firmeza significativamente mayor que los no sometidos al THC (Figura 9A). En cambio, el 1-MCP acuoso no funcionó en ninguna de las dosis ya que no se detectaron diferencias significativas para esta variable en ninguno de los muestreos realizados (Figura 9B).

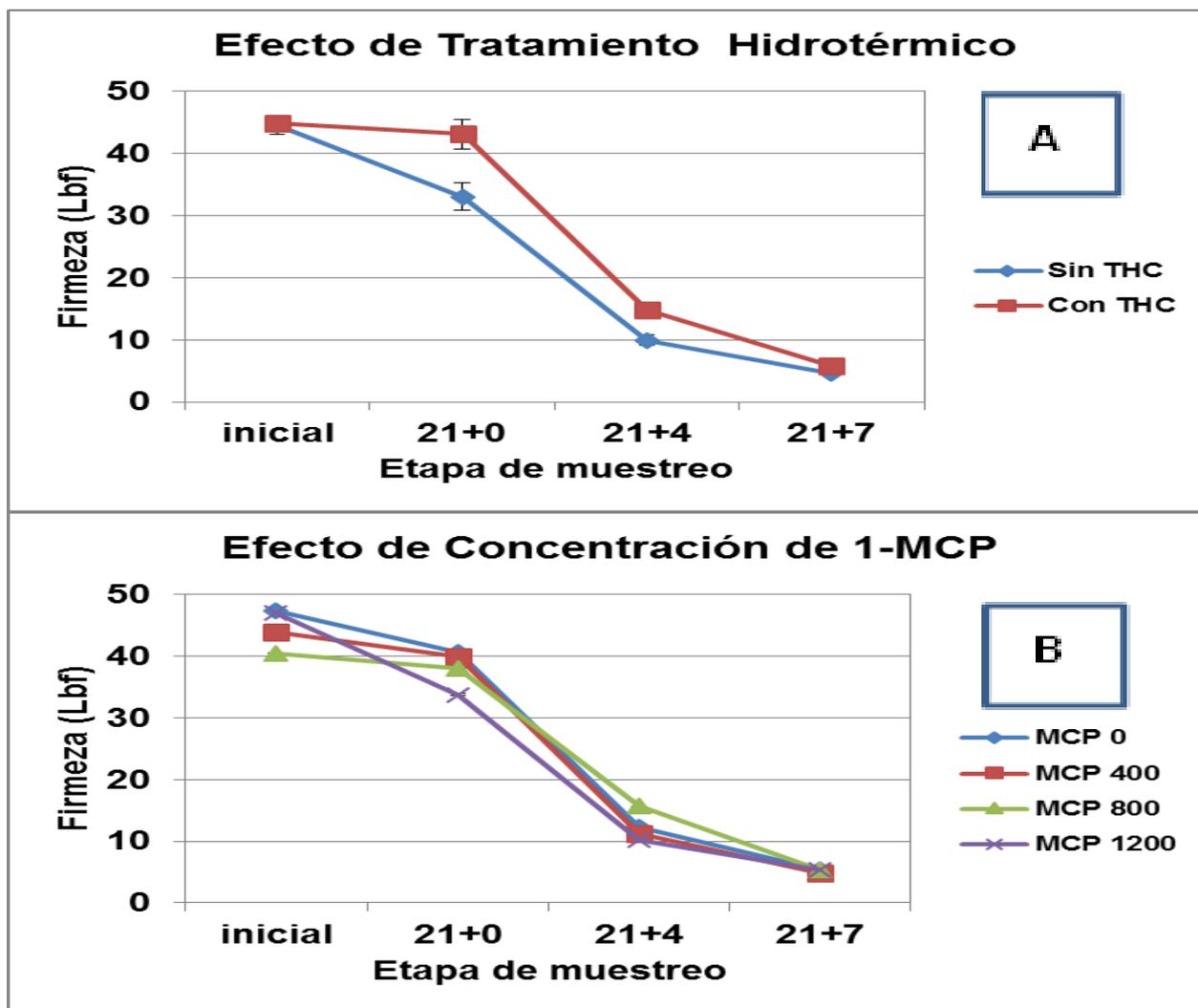


Figura 9. Efecto del Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario (A) y Dosis de 1-MCP acuoso (B) sobre la Firmeza (Lbf) de frutos de la variedad 'Tommy Atkins'. Nayarit, México. Temporada 2014.

GALERÍA DE FOTOS TOMMY ATKINS 2014

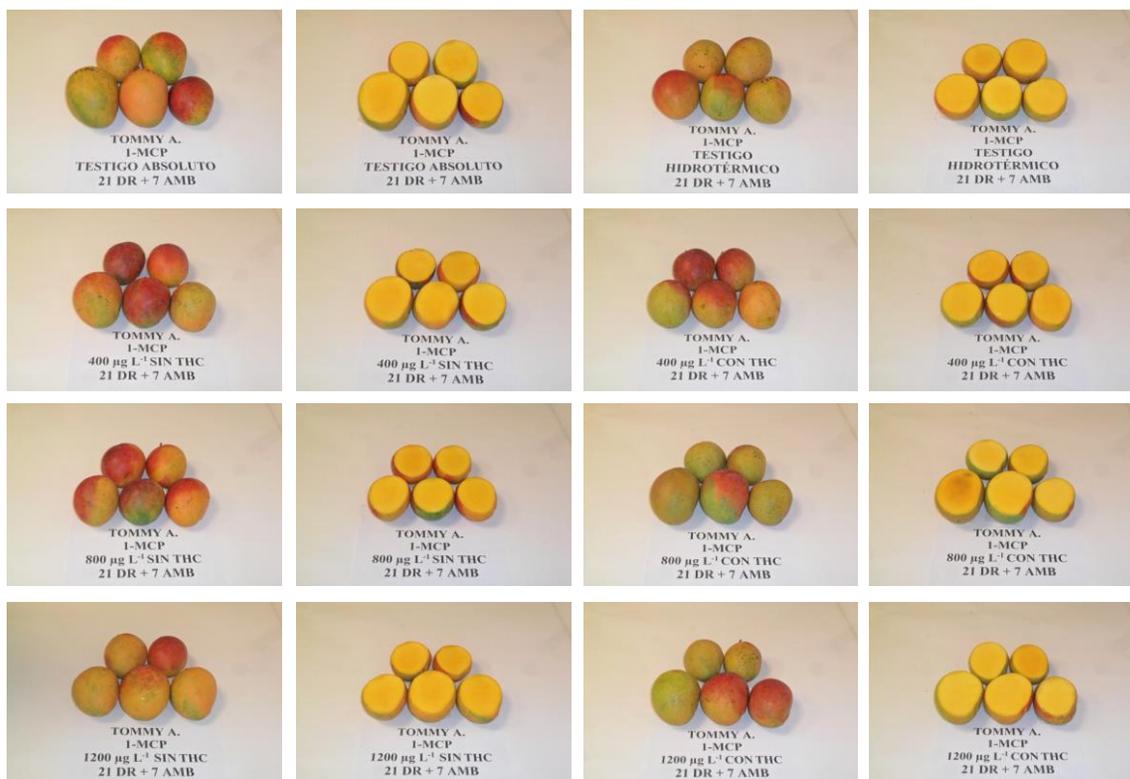
a. Fotos al Inicio del Experimento



b. Fotos al Término de Refrigeración



c. Fotos a consumo



II.3. VARIEDAD KENT.

En el Cuadro 10 se consigna el Análisis de Varianza del efecto del THC sobre las principales variables de calidad en la variedad 'Kent'. Se observó que el efecto del THC incidió significativamente sobre la Pérdida de peso y Apariencia Externa de los frutos en todas las etapas de muestreo, en tanto que para Firmeza fue significativo solo para los muestreos realizados al término de simulación de traslado refrigerado. El color de pulpa, la Acidez y la relación °Bx/Acidez fueron afectadas sólo al día 4 de mercadeo mientras que los SST fueron afectados por el THC al día 4 de mercadeo y a consumo.

Cuadro 10. Análisis de varianza del efecto del Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario (THC) sobre las principales variables de calidad en la variedad 'Kent'. Nayarit, México. Temporada 2014.

Variables	Hidrotérmico			
	Inicial	21 DR + 0 AMB	21 DR + 4 AMB	21 DR + 7 AMB
PFP	N.S	*	*	*
A. EXTERNA	N.S	*	*	*
FIRMEZA	N.S	*	N.S	N.S
PUL. (HUE)	N.S	N.S	*	N.S
SST	N.S	N.S	*	*
ACIDEZ	*	N.S	*	N.S
REL. °BX-ACIDEZ	N.S	N.S	*	N.S

NS = No Significativo * = Significativo ($p \leq 0.05$) ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

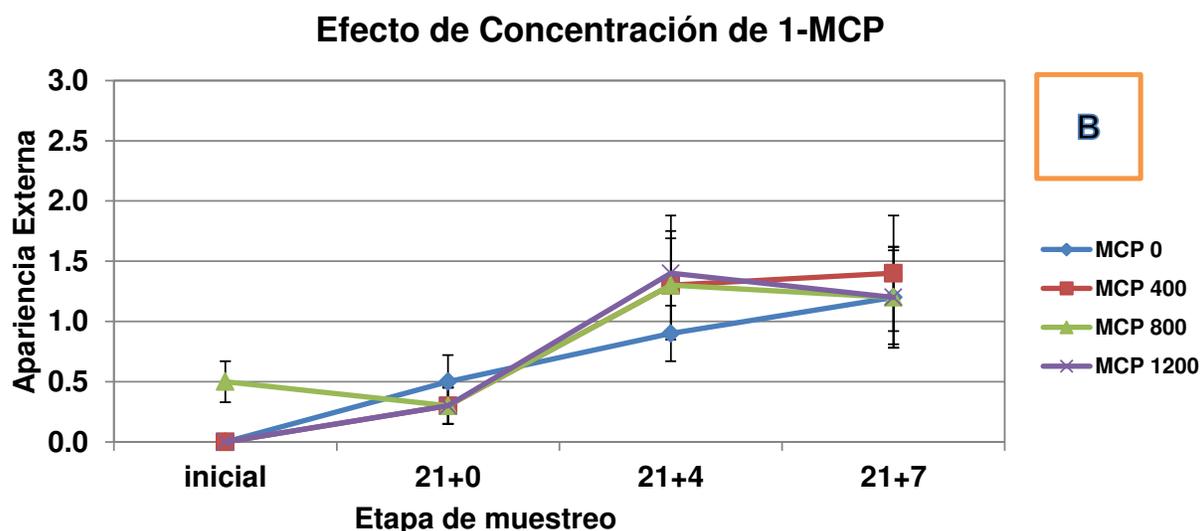
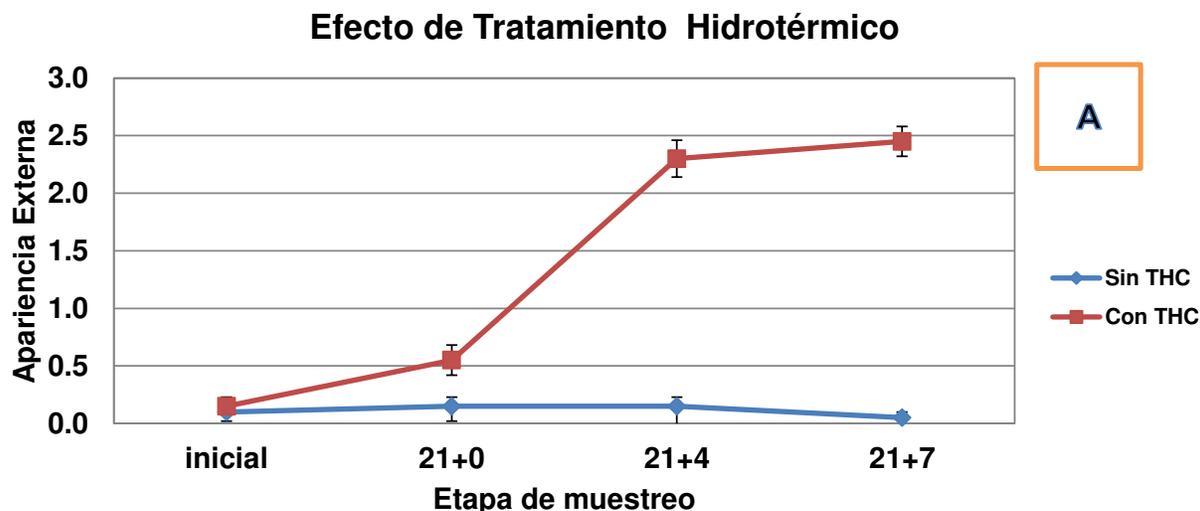
En lo que respecta al efecto de las dosis de 1-MCP acuoso (0, 400, 800 y 1200 $\mu\text{g L}^{-1}$), sólo la pérdida de peso fue afectada significativamente en todas las etapas de muestreo (Cuadro 11). La Apariencia externa y el Color de pulpa presentaron diferencias significativas solo al día 4 de mercadeo; la Firmeza no fue afectada durante ninguna etapa de los muestreos, en tanto que los SST fueron afectados al término de la simulación de traslado refrigerado y al día 4 de mercadeo, mientras que la Acidez y la Relación °Bx/Acidez lo fueron solo a consumo.

Cuadro 11. Análisis de varianza del efecto de las dosis de 1-MCP acuoso (0, 400, 800 y 1200 $\mu\text{g L}^{-1}$) sobre las principales variables de calidad en la variedad 'Kent'. Nayarit, México. Temporada 2014.

Variables	1-MCP			
	Inicial	21 DR + 0 AMB	21 DR + 4 AMB	21 DR + 7 AMB
PFP	NS	*	*	*
A.EXTERNA	NS	NS	NS	NS
FIRMEZA	*	NS	*	NS
PUL. (Hue)	NS	NS	NS	*
SST	NS	NS	NS	NS
ACIDEZ	NS	NS	*	*
REL. °Bx- ACIDEZ	NS	NS	NS	*

NS = No Significativo * = Significativo ($p \leq 0.05$) ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

Para esta variedad en particular, el efecto del THC sobre la Apariencia Externa de los frutos fue extraordinariamente espectacular (Figura 10A), ya que al término de la simulación de traslado refrigerado los frutos con THC y los sin tratar, aunque presentaron diferencias significativas, ambos frutos se categorizaron dentro del rango de Excelentes a Buenos. Sin embargo, los frutos con THC mostraron daños muy severos durante mercadeo y consumo en tanto que los sin THC siguieron manteniendo su apariencia Excelente. Aparentemente el THC fue el principal responsable del daño de los frutos (manchas en la cáscara y ennegrecimiento de lenticelas), sin embargo, cuando analizados individualmente durante el muestreo al día 4 de mercadeo, el Testigo del THC tuvo un valor de Apariencia Externa de 1.4 en tanto que las dosis de 400, 800 y 1,200 $\mu\text{g L}^{-1}$ de 1-MCP en combinación con THC fueron evaluadas con valores de 2.4, 2.6 y 2.8, respectivamente, lo que sugiere un efecto aditivo adverso del 1-MCP (Figura 10 B).



0=Excelente (sin daño); 1=Buena (daño ligero); 2=Regular (daño moderado); 3=Mala (daño severo)

Figura 10. Efecto del Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario (A) y Dosis de 1-MCP acuoso (B) sobre la Apariencia Externa de frutos de la variedad 'Kent'. Nayarit, México. Temporada 2014.

En lo que respecta a Firmeza, se notó el efecto benéfico del THC ya que al término de la simulación de traslado refrigerado los frutos sometidos al THC mostraron una firmeza significativamente mayor que los no sometidos al THC (Figura 11A), aunque durante mercadeo y a consumo tanto los sometidos a THC como los que no ya no fueron significativamente diferentes. En cambio, el 1-MCP acuoso no funcionó en

ninguna de las dosis ya que no se detectaron diferencias significativas para esta variable en ninguno de los muestreos realizados (Figura 11B).

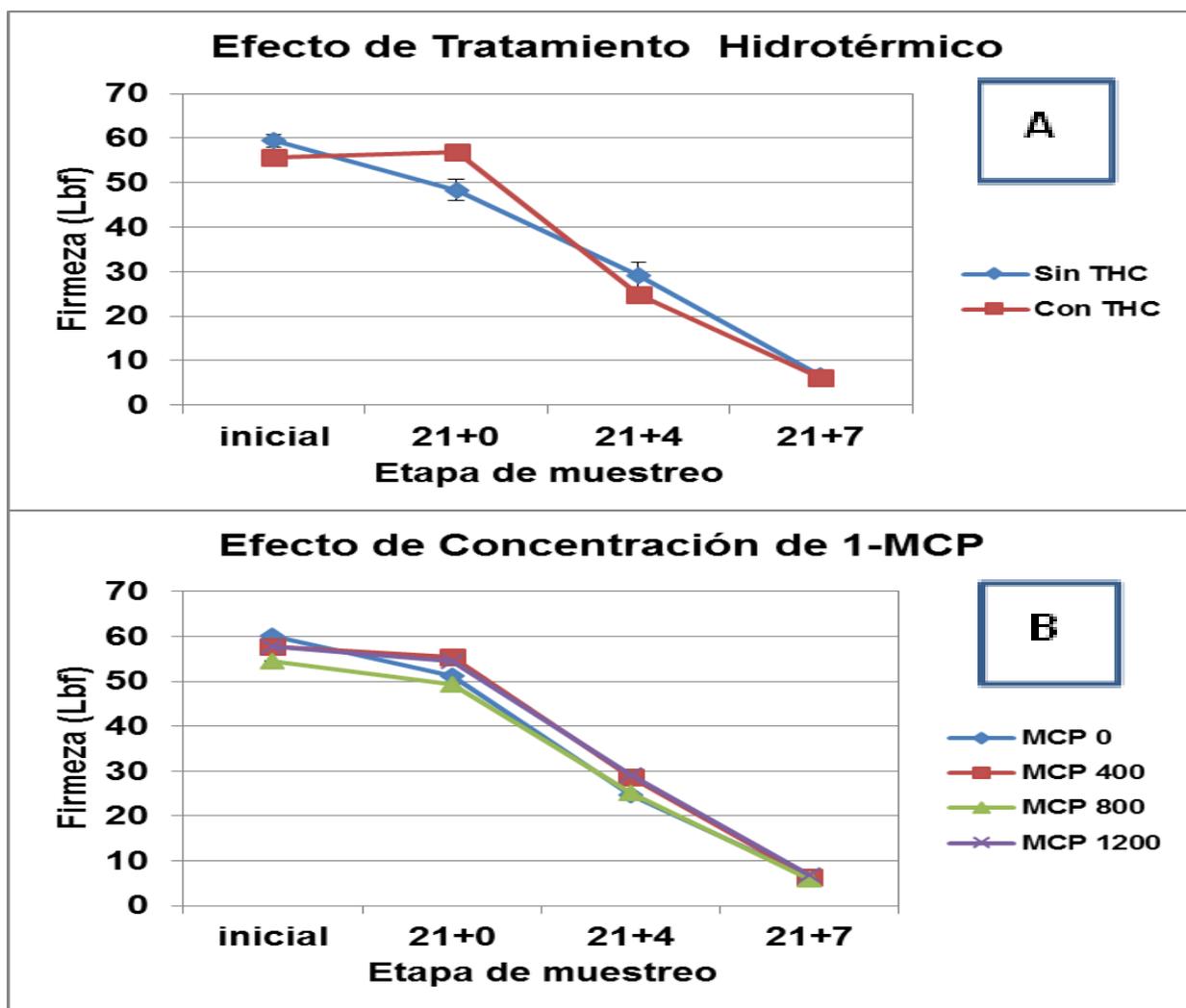
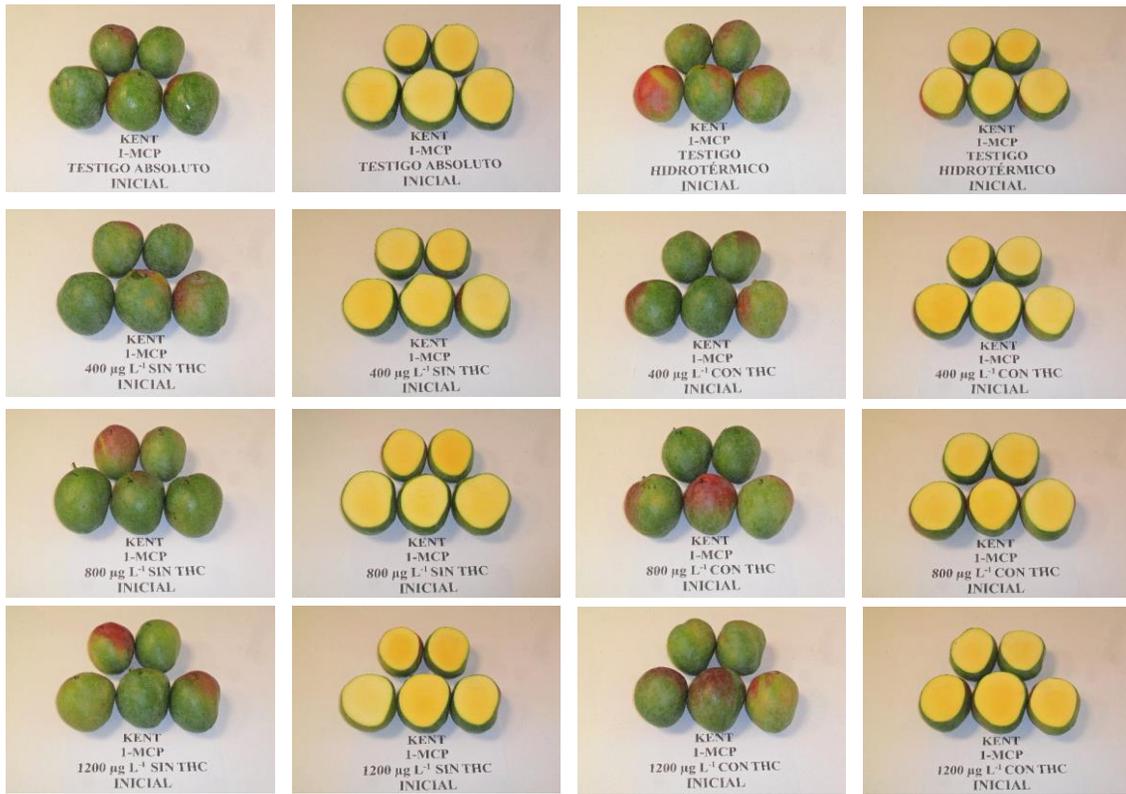


Figura 11. Efecto del Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario (A) y Dosis de 1-MCP acuoso (B) sobre la Firmeza (Lbf) de frutos de la variedad 'Kent'. Nayarit, México. Temporada 2014.

GALERÍA DE FOTOS KENT 2014

a. Fotos al Inicio del Experimento



b. Fotos al Término de Refrigeración



c. Fotos a consumo



II.4. VARIEDAD KEITT.

En el Cuadro 12 se consigna el Análisis de Varianza del efecto del THC sobre las principales variables de calidad en la variedad 'Keitt'. Se observó que el efecto del THC incidió significativamente sobre la Pérdida de peso y Apariencia Externa de los frutos en todas las etapas de muestreo, en tanto que no fue significativo para Firmeza ni SST en ninguna de las etapas de muestreo. En cambio, el THC incidió significativamente sobre el color de pulpa solo en el muestreo del día 4 de mercadeo, en tanto que para la Acidez y la Relación °Bx/Acidez fue significativo solo al término de la simulación de traslado refrigerado.

Cuadro 12. Análisis de varianza del efecto del Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario (THC) sobre las principales variables de calidad en la variedad 'Keitt'. Nayarit, México. Temporada 2014.

Variable	Hidrotérmico			
	Inicial	21 DR + 0 Amb	21 DR + 3 Amb	21 DR + 6 Amb
Pérdida de peso	NS	*	*	*
Apariencia Externa	NS	*	*	*
Firmeza	NS	NS	NS	NS
Color de Pulpa	NS	NS	*	NS
SST	NS	NS	NS	NS
Acidez	*	*	NS	NS
Rel. Bx-Acidez	*	*	NS	NS

NS = No Significativo * = Significativo ($p \leq 0.05$) ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

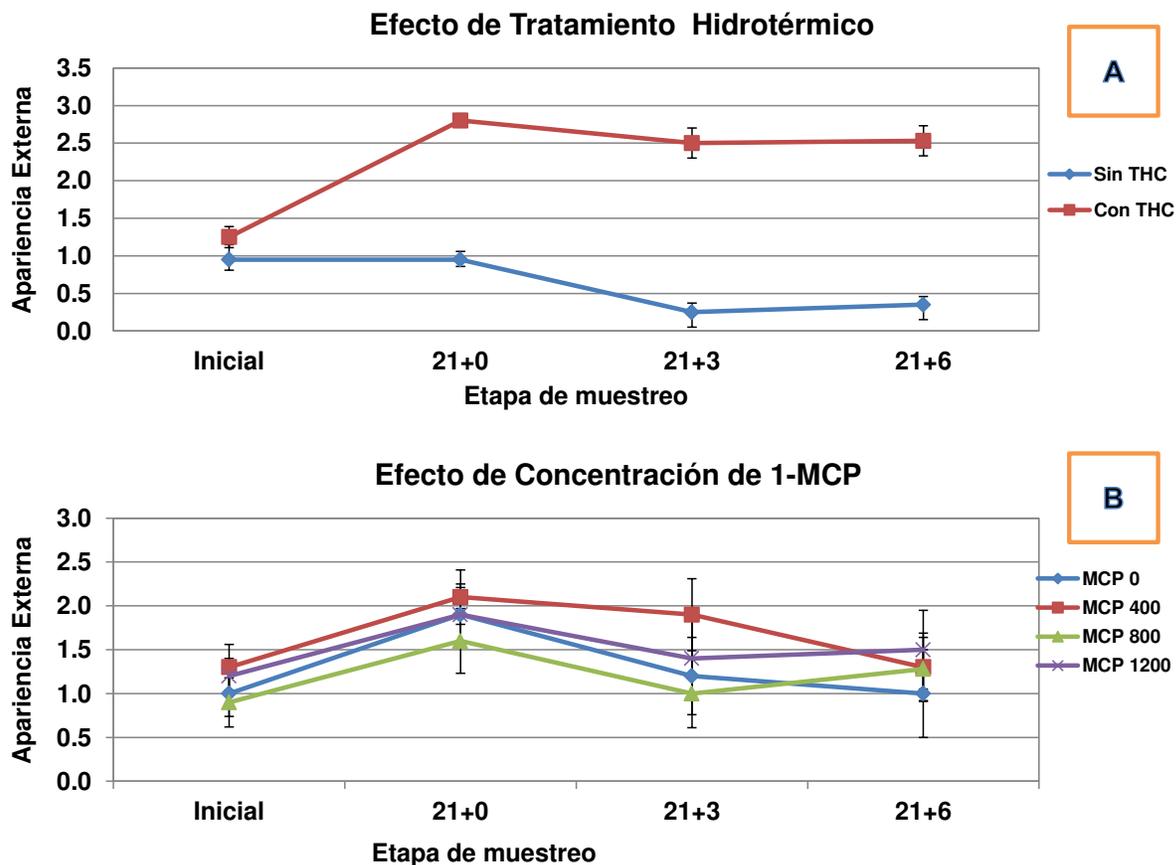
En lo que respecta al efecto de las dosis de 1-MCP acuoso (0, 400, 800 y 1200 $\mu\text{g L}^{-1}$), prácticamente ninguna de las variables fue afectada significativamente por este factor (Cuadro 13), a excepción de la pérdida de peso y color de pulpa que fueron significativamente diferentes sólo a consumo.

Cuadro 13. Análisis de varianza del efecto de las dosis de 1-MCP acuoso (0, 400, 800 y 1200 $\mu\text{g L}^{-1}$) sobre las principales variables de calidad en la variedad ‘Keitt’. Nayarit, México. Temporada 2014.

Variable	1 – MCP			
	Inicial	21 DR + 0 Amb	21 DR + 3 Amb	21 DR + 6 Amb
Pérdida de peso	NS	NS	NS	*
Apariencia Externa	NS	NS	NS	NS
Firmeza	NS	NS	NS	NS
Color de Pulpa	NS	NS	NS	*
SST	NS	NS	NS	NS
Acidez	NS	NS	NS	NS
Rel. Bx-Acidez	NS	NS	NS	NS

NS = No Significativo * = Significativo ($p \leq 0.05$) ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

El efecto del THC sobre la Apariencia Externa de los frutos de ‘Keitt’ fue muy similar a ‘Kent’ pero más contrastante (Figura 12A). Desde el término de la simulación de traslado refrigerado hasta consumo, los frutos con THC mostraron daños muy severos en tanto que los sin THC siguieron manteniendo su apariencia Excelente. En este caso si se observó que el THC fue el principal responsable del daño de los frutos (manchas y ennegrecimiento de lenticelas), ya que las dosis de 400, 800 y 1,200 $\mu\text{g L}^{-1}$ de 1-MCP en combinación con THC mostraron valores menores a los obtenidos con solo THC y no fueron significativamente diferentes entre ellas (Figura 12 B).



0=Excelente (sin daño); 1=Buena (daño ligero); 2=Regular (daño moderado); 3=Mala (daño severo)

Figura 12. Efecto del Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario (A) y Dosis de 1-MCP acuoso (B) sobre la Apariencia Externa de frutos de la variedad 'Keitt'. Nayarit, México. Temporada 2014.

En lo que respecta a Firmeza, prácticamente no se detectaron diferencias entre frutos sometidos o no al THC en ninguna de las etapas de muestreo (Figura 13 A). Sin embargo, para las dosis de 400, 800 y 1,200 $\mu\text{g L}^{-1}$ de 1-MCP se notaron diferencias significativas respecto al Testigo con solo THC durante el día 3 de mercadeo y a consumo (Figura 13 B).

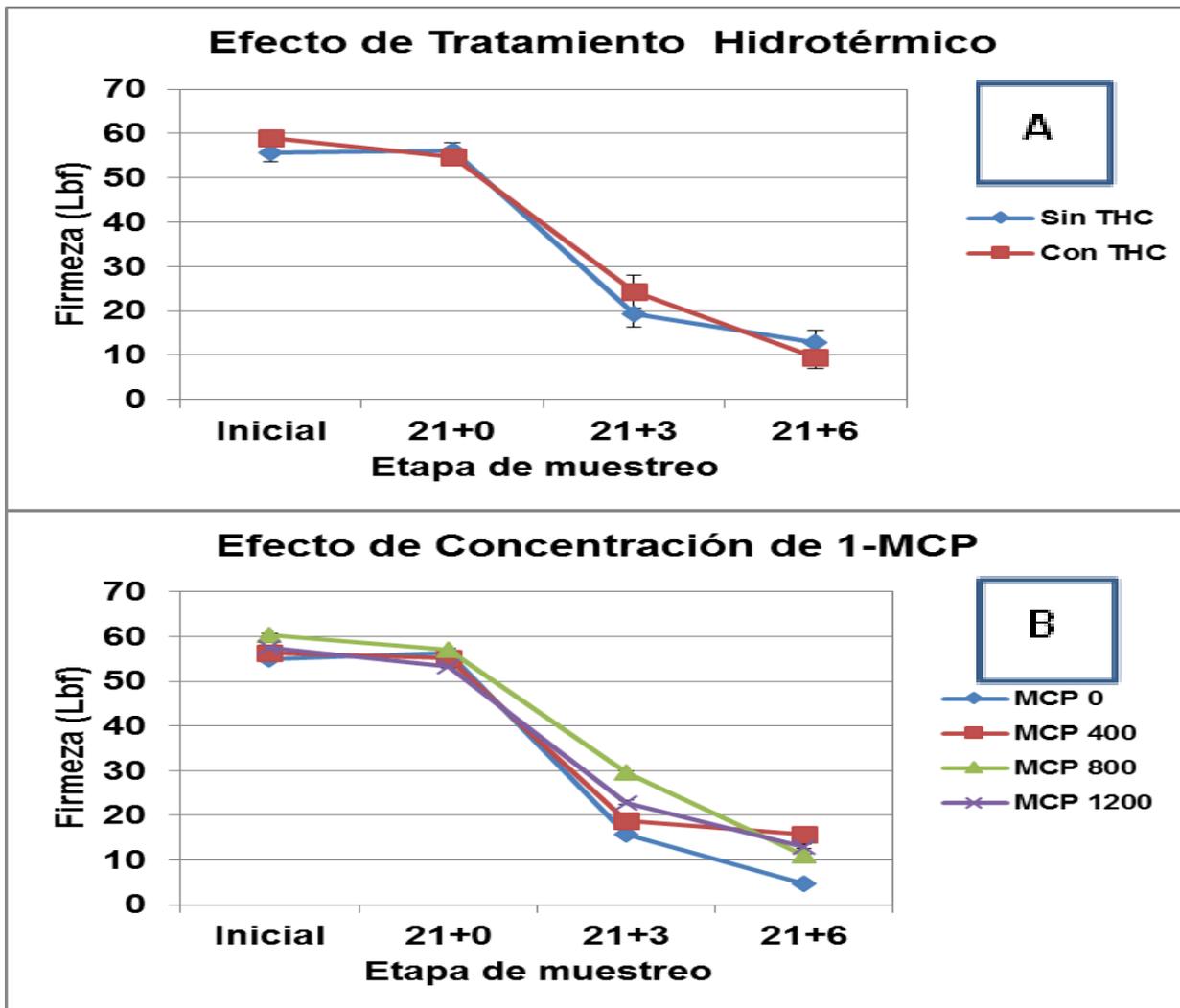
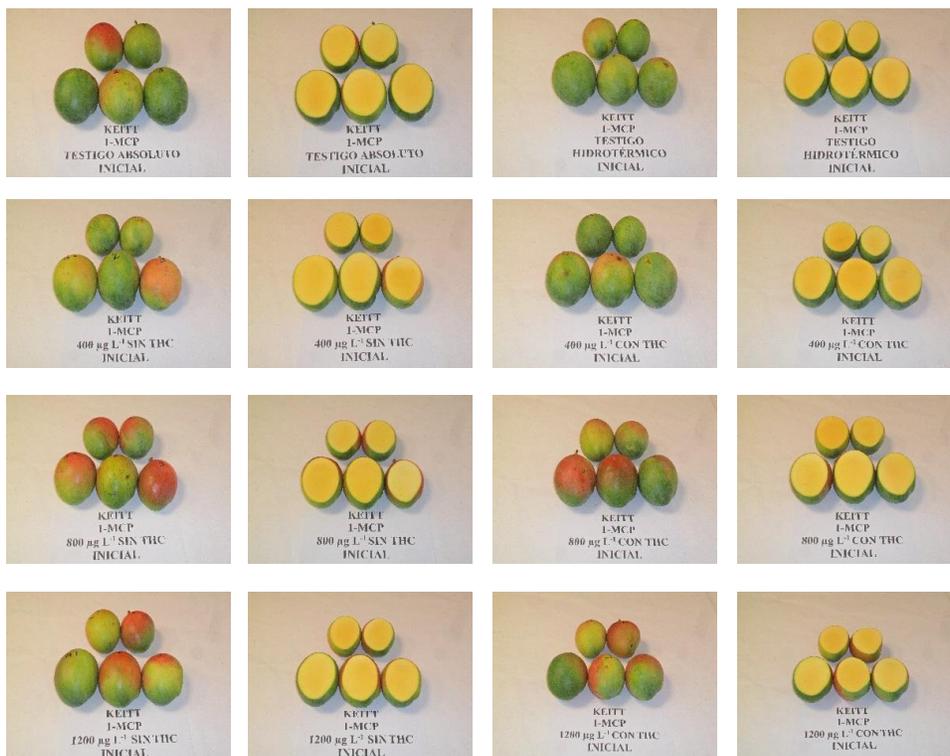


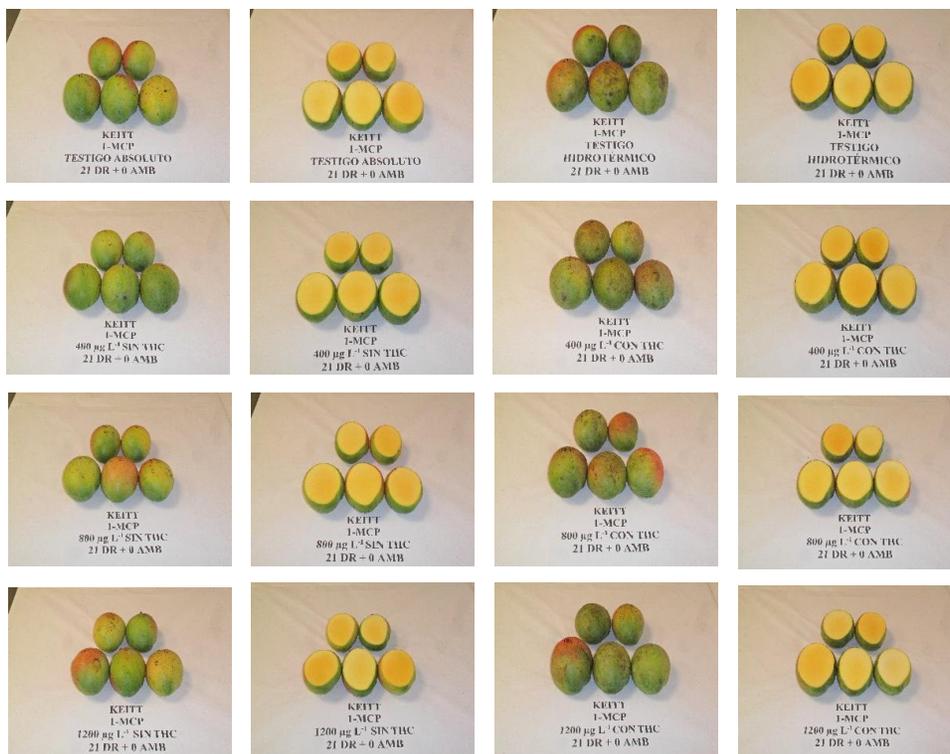
Figura 13. Efecto del Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario (A) y Dosis de 1-MCP acuoso (B) sobre la Firmeza (Lbf) de frutos de la variedad 'Keitt'. Nayarit, México. Temporada 2014.

GALERÍA DE FOTOS KEITT 2014

a. Fotos al Inicio del Experimento



b. Fotos al Término de Refrigeración



c. Fotos a consumo



CONCLUSIONES

- Se detectaron diferencias entre variedades, 'Ataulfo', 'Tommy Atkins' y 'Haden' no mostraron diferencias significativas para ninguna de las variables excepto para apariencia externa. 'Kent' y 'Keitt' mantuvieron firmeza por mayor tiempo durante la simulación de transporte refrigerado, sin embargo, la apariencia externa fue afectada negativamente por el 1-MCP en combinación con el THC en todas las variedades.
- Al final de la simulación de transporte o al momento del consumo los frutos tratados con 1-MCP antes o después de THC mostraron una apariencia externa de regular a mala en tanto que el control absoluto y el 1-MCP sin THC tuvieron una apariencia externa de buena a excelente.
- En 'Kent' el 1-MCP afectó significativamente la mayoría de las variables. Disminuyó pérdida de peso, mantuvo firmeza por mayor tiempo y retrasó el desarrollo de color de pulpa pero afectó negativamente la apariencia externa cuando se usó en combinación con el THC. El 1-MCP aplicado sin THC no afectó la apariencia externa.
- En 'Keitt' el 1-MCP sin THC significativamente disminuyó pérdida de peso, mantuvo firmeza por mayor tiempo y retrasó el desarrollo de color de pulpa sin afectar apariencia externa. En contraste, el 1-MCP en combinación con el THC mostró una tendencia similar pero afectó negativamente la apariencia externa.
- Pareciera que el 1-MCP no es una alternativa viable para mangos exportados a los Estados Unidos pero podría ser útil para para países que no demandan el THC.

LITERATURA CITADA

Alves R.E., Filgueiras H.A.C., Almeida A.S., Pereira M.E.C., Coccozza F.M. and Jorge J.T. 2004. Postharvest ripening of 'Tommy Atkins' mangoes on two maturation stages treated with 1-MCP. *Acta Horticulturae* 645:627-632

Blankenship S.M. and Dole J.M. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology* 28: 1–25.

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.

Contreras-Martínez R., Báez-Sañudo M., Muy-Rangel D., Siller-Cepeda J., Contreras-Angulo L. 2007. Respuesta del mango 'Tommy Atkins' a la aplicación del 1-Metilciclopropeno (1-MCP) en solución acuosa. Efecto de dosis y tiempos de inmersión. XII Congreso nacional SOMECH. p. 68.

Cheng S., Wie B., Ji S. 2012. A novel 1-methylcyclopropene treatment for quality control in Nangou pears at ambient temperature. *African Journal of Agricultural Research* 7(14):2236-2242.

Choi S.T. and Huber D.J. 2008. Influence of aqueous 1-methylcyclopropene concentration, immersion duration, and solution longevity on the postharvest ripening of breaker-turning tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 49: 147-154.

Choi S.T., Trouvaltzis P., Lim C.I., and Huber D.J. 2008. Suppression of ripening and induction of asynchronous ripening in tomato and avocado fruits subjected to complete or partial exposure to aqueous solutions of 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology* 48: 206-214.

Chaiprasart P. and Hansawasdi C. 2009. Effect of 1-Methylcyclopropene on the shelf life of mango (*Mangifera indica* Linn.) Cv. Nahm-dawg-mai-sri-tong. *Acta Horticulturae* 820:725-730.

Coêlho de Lima M.A., Luciana da Silva A., Nunes Azevedo S.S.; De Sá Santos P. 2006. Postharvest treatments with 1-methylcyclopropene in 'Tommy Atkins' mango fruit: effect of doses and number of applications. *Rev. Bras. Frutic.* 28(1):64-68.

EPA. 2002. Federal Register, July 26. Environmental Protection Agency. 67 (144: 48796-48800).

Hofman P.J., Jobin-Décor M., Meiburg G.F., Macnish A.J. and Joyce D.C. 2001. Ripening and quality responses of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41:567-572.

Huber D.J. 2008. Suppression of ethylene response through application of 1-Methylcyclopropene: A powerful tool for elucidating ripening and senescence mechanisms in climacteric and nonclimacteric fruits and vegetables. *HortScience* 43(1): 106-111.

Jiang Y. and Joyce D. 2000. Effects of 1-methylcyclopropene alone and in combination with polyethylene bags on the postharvest life of mango fruits. *Ann. Appl. Biol.* 137(3):321-327.

Mitcham E and Yahia E. 2009. Alternative treatments to hot water immersion for mango fruit. Final report. National Mango Board. 50 p.

Penchaiya P., Jansasithorn R. and Kanlavanarat S. 2006. Effect of 1-MCP on physiological changes in mango 'Nam Dokmai'. *Acta Horticulturae* 712:717-722

Pereira-Bomfim M., Pereira-Lima G.P., Rebouças-São José A., Vianello F., Manoel de Oliveira L. 2011. Post-harvest conservation of 'Tommy Atkins' mangoes treated with 1-metilciclopropeno. *Rev. Bras. Frutic.* 33(1):290-297

Osuna García J.A. y Beltrán T. 2002. SmartFresh™ (1-MCP) for extending the postharvest quality of mangoes, under semicommercial conditions in Mexico. Proceeding of the VII International Mango Symposium. Septiembre 22-27. Recife, Brasil. p. 328.

Osuna García J.A. y Beltrán J.A. 2004. El SmartFresh™ (1-MCP): Una nueva tecnología para exportar mango 'Kent' a Europa o Japón. Desplegable técnica No. 1. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. C.E. Santiago Ixc. 2 p.

Osuna-García J.A. y Muñoz-Ramírez A. 2004. Estrategia de Transferencia de Tecnología del SmartFresh™ (1-Metilciclopropeno) en mango Kent para exportación. Congreso Estatal de Ciencia y Tecnología. Tepic, Nayarit, México. 11 p.

Osuna García J.A., Beltrán J.A. y Urías-López M.A 2005. Influencia del 1-Metilciclopropeno (1-MCP) sobre la vida de anaquel y calidad de mango para exportación. Revista Fitotecnia Mexicana 28(3):271-278.

Osuna García J.A. 2006. Validación semicomercial del SmartFresh™ (1-MCP) en mango 'Kent' y 'Keitt' para exportación. Congreso de Ciencia y Tecnología Nayarit 2006. 256-264.

Osuna García J.A., Cáceres Morales I., Montalvo González E., Mata Montes de Oca M. y Tovar Gómez B. 2007. Efecto del 1-Metilciclopropeno (1-MCP) y tratamiento hidrotérmico sobre la fisiología y calidad del mango 'Keitt'. Revista Chapingo Serie Horticultura 13(2):157-163.

Osuna-García J.A., Pérez-Barraza M.H., Vázquez-Valdivia V., Beltrán J.A. 2009. Methylcyclopropene (1-MCP), a new approach for exporting 'Kent' mangos to Europe and Japan. Acta Horticulturae 820:721-724.

Silva S.M., Santos E.C., Santos A.F., Silveira I.R.B.S., Mendonça R.M.N. and Alves R.E. 2004. Influence of 1-Methylcyclopropene on postharvest conservation of exotic mango cultivars. Acta Horticulturae 645:565-572.

Sisler E.C. and Serek M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. *Physiologia Plantarum* 100(3): 577-582.

Sisler E.C. and Serek M. 1999. Compounds controlling the ethylene receptor. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 40: 1-7.

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. Three years trends for U.S. mango imports. 2012.

<http://www.fas.usda.gov>.

Warren O. 2009. Quality of carambola fruit (*averrhoa carambola* L.) as affected by harvest maturity, postharvest wax coating, ethylene, and 1-Methylcyclopropene. M. Sc. Thesis. Horticultural Science Department. University of Florida. Gainesville, FL. 137 p.

Watkins C.B. and Miller W.B. 2005. A summary of physiological processes or disorders in fruits, vegetables and ornamental products that are delayed or decreased, increased, or unaffected by application of 1-methylcyclopropene (1-MCP). <http://www.hort.cornell.edu/mcp/>.

Watkins C.B. 2006. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) based technologies for storage and shelf life extension. *Int. J. Postharvest Technology and Innovation* 1(1):62-68.

Watkins C.B. 2008. Overview of 1-Methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops. *HortScience* 43(1): 86-94.