

REVERSIBILIDAD DEL EFECTO DEL PRODUCTO 1-MCP EN PALTA HASS

■ JUAN PABLO ZOFFOLI
ING. AGRÓNOMO, MSc.

■ MARÍA JOSÉ CALLEJAS
ING. AGRÓNOMO

■ BRUNO CERONI
ESTUDIANTE

FACULTAD DE AGRONOMIA E ING. FORESTAL
P. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE.

RESUMEN

La efectividad y la reversibilidad de la aplicación de 200 ppb, 1-MCP (SmartFresh™ 0,14%) fueron evaluadas en palta Hass, en tres oportunidades (octubre, noviembre y diciembre con 15,3%, 15,9% y 18% de aceite respectivamente), considerando tres periodos de almacenaje a 5°C (6, 21 y 35 días). La reversibilidad se evaluó a través de la capacidad de maduración a 20°C de una aplicación gaseosa de 100 ppm de etileno a paltas almacenadas y expuestas previamente a SmartFresh™. La aplicación de SmartFresh™ retrasó la maduración de paltas a través de la retención de la firmeza y del color verde de la piel del fruto, durante el almacenaje a 5°C. Este efecto se verificó durante la maduración a 20°C, en esa situación la fruta cosechada en octubre y tratada con SmartFresh™ se mantuvo más firme después de 6 y 4 días de maduración a 20°C en la fruta almacenada por 6 y 20 o 35 días respectivamente. El efecto no fue importante en la fruta cosechada en noviembre y diciembre y almacenada por 35 días a 5°C. La aplicación de 100 ppm de etileno logró acelerar la madurez de los frutos y por lo tanto revertir el efecto del producto SmartFresh™. El tiempo de aplicación de etileno para alcanzar una madurez de 5 lb de firmeza, fluctuó entre 4 y 1,5 días dependiendo principalmente del tiempo de conservación previo a la aplicación. El mayor tiempo de exposición fue para 6 días de almacenaje y el menor para 35 días. Diferentes tiempos de aplicación son discutidos en función de los requerimientos de acceso a los mercados.

INTRODUCCIÓN

La exportación de palta durante el año 2004 fue de 110.000 toneladas. El principal mercado de exportación es el de EEUU con un ingreso para el país de US \$140 millones aprox.

La exportación se concentra desde Julio a Enero, siendo los meses de Septiembre a Noviembre los más importantes. El auge exportador al mercado de EEUU ha estado protegido por el veto a la importación del estado de California de palta desde México, principal país productor de esta especie, situación que cambió a partir de la temporada 2004 donde se incluyó esta especie en los productos de importación.

En este nuevo escenario, los requerimientos de exportación de Chile a mercados más distante como Europa aumentarán y la conservación de la fruta será cada vez mayor. Los tiempos de 20 días se extenderán a 30 e incluso 40 días, obligando a un manejo de fruta en stock o desfase en la exportación.

El conocimiento de las causales de deterioro de este fruto como su manipulación resultan ser fundamentales en esta nueva realidad del cultivo. Las herramientas tecnológicas disponibles deben orientarse a la segregación del producto y aquellas que se complementen con el manejo de enfriamiento.

La palta es un fruto que logra su expresión climacterica solo cuando es removida desde el árbol, en este proceso los cambios más relevantes son el ablandamiento y el cambio de color de la piel, de verde a negro como en el caso del cultivar Hass. La aceptabilidad mínima de la fruta se ha definido en términos legales en torno a 9% de aceite, y se ha asociado a una menor conservación cuando las cosechas se prolongan hacia los meses de verano.

La alta desuniformidad de los lotes, producto de la variabilidad en la madurez genera un producto de alto riesgo de conservación sobre todo cuando el tiempo de almacenaje supera los 30 días. La estrategia actual se ha basado en el manejo oportuno de enfriamiento y el uso de temperatura bajas de 3°C, esta

temperatura es cercana a lo considerado crítico desde el punto de vista de daño por frío (2,5° C, para el caso de Hass de menor madurez). El uso de esta temperatura, aunque resulta seguro para tiempos de 20 días de transporte y almacenaje, puede ser crítico para periodos más prolongados, especialmente los 35 a 40 días que requiere la exportación a Europa y Asia respectivamente. En esta última situación serán evidentes los síntomas de daño en la pulpa y el ablandamiento prematuro durante la maduración a alta temperatura. La conservación de palta por lo tanto requiere la introducción de otras tecnologías que se complementen con el uso de una temperatura óptima de conservación, libre de riesgos de daño por frío.

En este contexto el laboratorio de poscosecha de la Pontificia Universidad Católica ha estado evaluando las variables relacionados con la efectividad del producto 1-metilciclopropeno compuesto inhibidor de la madurez a través del bloqueo competitivo de la acción del etileno. Los resultados preliminares publicados anteriormente (Zoffoli *et al.*, 2003) demostraron la efectividad del producto en mantener el color verde del fruto y firmeza durante la conservación y retrasar la expresión de la madurez de consumo cuando las paltas eran expuestas a alta temperatura. Este resultado estuvo más marcado cuando la fruta era cosechada con menor madurez o menor porcentaje de aceite. Sin embargo, a pesar de los resultados positivos, se requería de un procedimiento para revertir el efecto del 1-MCP y tener el producto con la madurez de consumo en el momento deseado.

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar un procedimiento de maduración de palta que logre revertir el efecto del producto 1-MCP y por lo tanto disponer de fruta en los tiempos deseados por el mercado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Paltas de la variedad Hass fueron obtenidas de la zona de San Vicente Tagua-Tagua ubicada en la sexta Región de Chile. La fruta fue seleccionada en tres momentos considerando la concentración de aceite, octubre, con un 15,3%, noviembre con un 15,9 % de aceite y la tercera cosecha fue en diciembre, con 18 % de aceite.

Tratamientos

La fruta fue trasladada al laboratorio de pos cosecha de la Pontificia Universidad Católica donde se almacenó en una cámara a 5° C por 24 horas, hasta obtener una temperatura de pulpa de 6° C. El 50% de esta fruta fue tratada con el producto 1-MCP, (SmartFresh™ (0,14% i.a)) en forma gaseosa en un recipiente hermético de 1 m³ por un periodo de 12 horas a 5°C, con una concentración de 200 ppb. El resto fue dejado como control sin la aplicación de SmartFresh™ (0,14% i.a). Al final de la aplicación la fruta volvió a una cámara de conservación a 5°C.

La fruta se almacenó por 6, 21 y 35 días a 5° C. En cada uno de estos períodos se trasladaron cajas con 1- MCP y testigo sin aplicación, a dos cámaras de maduración a 20° C, una con etileno y la otra sin etileno. La aplicación de etileno consistió en una concentración de 100 ppm de etileno gaseoso aceptando 50 ppm como nivel crítico transitorio para realizar la re-aplicación. La cámara fue monitoreada en forma periódica en CO₂ y etileno procurando que el CO₂ no aumentara de 1% y que el etileno no fuera inferior a 50 ppm.

La concentración de CO₂ se controló con un analizador de gas infrarrojo (Horiba VIA 510) y el etileno fue cuantificado con un cromatógrafo (Fisson GC 8000) equipado con un detector de llama.

La fruta estuvo expuesta al etileno por 1,5, 2,0, 2,5 o 3,0 y 4,0 días y fue evaluada, en relación al tiempo en alcanzar la madurez de consumo (100% de la fruta el color negro de la piel, y firmeza inferior a 2 lb).

Evaluación

Los cambios de madurez que experimentó la fruta fueron analizados a través de los siguientes parámetros:

La firmeza se cuantificó con un presionómetro manual, utilizando émbolos de

6mm, en ambas mejillas del fruto, previa remoción de la piel.

El color se cuantificó utilizando una distribución de color por una escala donde el 0% es fruta totalmente verde y el 100% negro.

Las alteraciones internas se evaluaron cortando los frutos horizontalmente y verticalmente para verificar la presencia de pardeamiento interno, pudriciones y maduración incompleta.

Análisis estadístico, los resultados fueron comparados estadísticamente en cada período de almacenaje verificando las diferencias de firmeza y color entre la fruta tratada y testigo, el diseño fue completamente al azar con cuatro repeticiones de 15 frutos cada una.

RESULTADOS Y DISCUSION

El comportamiento de la fruta durante el almacenaje a 5°C fue similar para los diferentes periodos de cosecha, la principal diferencia estuvo en la capacidad de ablandamiento de cada una de ellas. La fruta de 15,9% de aceite cosechada en el mes de noviembre fue la de mayor ablandamiento incluso que la fruta de la cosecha de diciembre con 18% de aceite.

La aplicación de SmartFresh™ redujo el ablandamiento de la fruta y mantuvo el color verde durante la conservación a 5°C en comparación con la fruta testigo sin tratar. En la fruta de 15,3% de aceite, con SmartFresh™, el ablandamiento fue nulo hasta los 35 días de almacenaje en cambio la fruta testigo tenía una firmeza de 17 lb al final del periodo. El porcentaje de fruta que se encontraba con la piel de color negro fue de 50% comparado con 10% en la etapa mas crítica de almacenaje, un comportamiento similar se produjo en la

fruta cosechada en noviembre y diciembre. La fruta testigo de la cosecha de noviembre tuvo un mayor porcentaje de fruta de color negro (60%) y menor firmeza (5lb) demostrando el mayor potencial de ablandamiento de esta fruta. La firmeza de la fruta con Smartfresh en este caso era de 15 lb. La cosecha de diciembre, sin embargo fue de menor potencial de ablandamiento a 5°C, de todas las condiciones analizadas. La fruta testigo tuvo un ablandamiento difícil de percibir incluso después de 35 día de almacenaje.

La necesidad de llegar con fruta firme pero especialmente de color verde es prioritario en un mercado de alto volumen de paltas y especialmente cuando existe en la actualidad la asociación de viraje de color con fruta de alto riesgo de conservación.

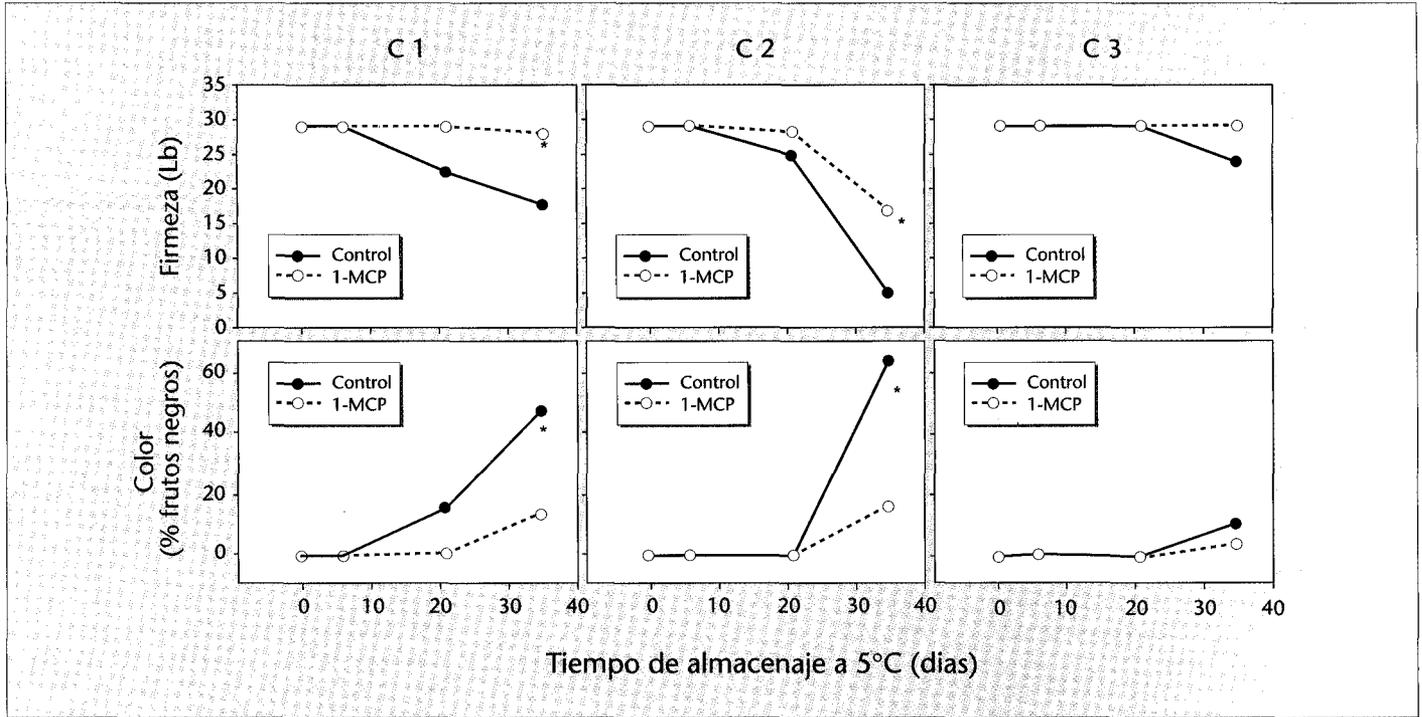
La aplicación de SmartFresh™ influyó en la tasa de maduración a 20°C, produciendo un mayor atraso en aquella fruta de menor tiempo de conservación.

La fruta de los diferentes periodos de cosecha (octubre a diciembre) tratada con SmartFresh™ tuvo un atraso en la maduración que fue dependiente del tiempo de almacenaje y el momento de cosecha. La fruta cosechada en octubre y tratada con SmartFresh mantuvo una firmeza significativamente mayor que el control después de 6 y 4 días de maduración a 20°C una vez finalizado los 6 y 21 o 35 días de almacenaje a 5°C respectivamente. En el caso de la fruta cosechada en noviembre y diciembre este efecto se repitió en la fruta almacenada por 6 y 21 días a 5°C pero no fue efectivo para tiempos de conservación de 35 días. (Tabla 1, Figura 1 y 2).

La reversión del efecto del producto SmartFresh™ se evaluó al verificar la efectividad del etileno en estimular

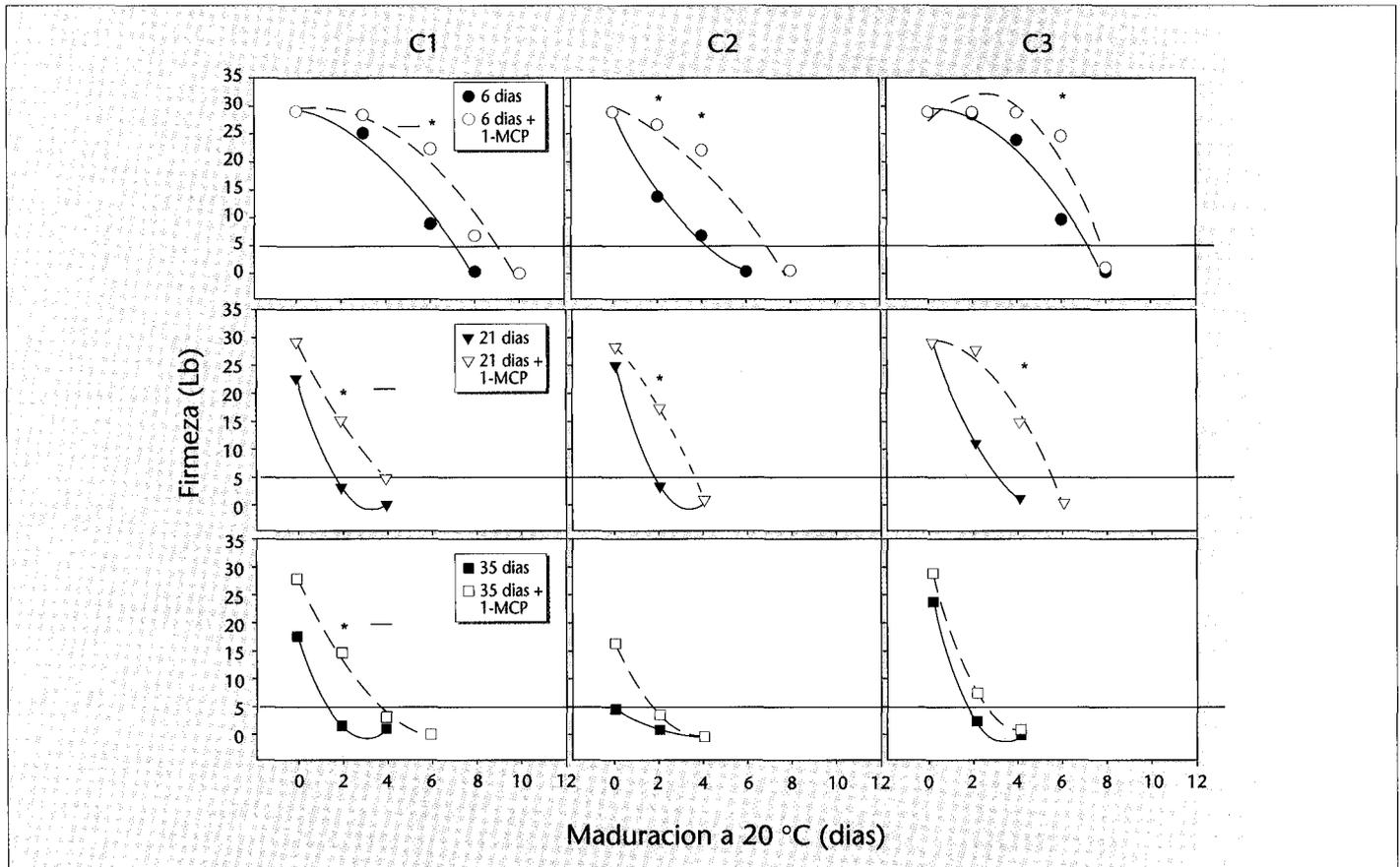
TABLA 1. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE 200 PPB DE 1-MCP (SMARTFRESH 0,14%) SOBRE EL TIEMPO (DÍAS) EN ALCANZAR LA MADUREZ PROMEDIO DE 5 LB EN PALTA HASS A 20° C Y COSECHADAS EN OCTUBRE (15,3% ACEITE, COSECHA 1), NOVIEMBRE (15,9% DE ACEITE, COSECHA 2) Y DICIEMBRE (18% DE ACEITE, COSECHA 3) Y ALMACENADAS POR 6, 21 Y 35 DÍAS A 5° C.

TIEMPO DE ALMACENAJE A 5° C (DÍAS)	TIEMPO PARA ALCANZAR MADUREZ DE 5 LB (DÍAS)					
	COSECHA 1		COSECHA 2		COSECHA 3	
	CONTROL	1-MCP	CONTROL	1-MCP	CONTROL	1-MCP
6	7,5	9,0	4,0	7,0	6,5	7,5
21	2	4,0	2	4,0	3,0	5,5
35	1,8	4,0	0	2,0	1,5	2,5



■ FIGURA 1. EVOLUCIÓN DE LA FIRMEZA (LB) Y COLOR (PORCENTAJE DE FRUTOS 100% NEGRO) DURANTE EL ALMACENAJE A 5°C DE PALTAS CV. HASS MANEJADAS CON 200 PPB, 1-MCP (SMARTFRESH). LA FRUTA FUE COSECHADA EN TRES OPORTUNIDADES C1: OCTUBRE 15,3% ACEITE, C2: NOVIEMBRE, 15,9% ACEITE, C3: DICIEMBRE, 18% ACEITE.

■ FIGURA 2. EVOLUCIÓN DE LA FIRMEZA (LB) DURANTE LA MADURACIÓN A 20°C DE PALTAS CV. HASS MANEJADAS CON 200 PPB, 1-MCP (SMARTFRESH). LA FRUTA FUE COSECHADA EN TRES OPORTUNIDADES C1: OCTUBRE 15,3% ACEITE, C2: NOVIEMBRE, 15,9% ACEITE, C3: DICIEMBRE, 18% ACEITE. * SIGNIFICATIVO $P \leq 0,05$



la maduración de la fruta tratada con SmartFresh™, especialmente después de un corto período de almacenaje donde existió el mayor efecto inhibitorio de la madurez.

La fruta cosechada en octubre, tratada con 200 ppb de SmartFresh™ y madurada a 20°C después de 6 días de aplicación mantuvo una firmeza superior a 20 lb durante los primeros seis días. La aplicación de 100 ppm etileno, por 2, 3 y 4 días redujo la firmeza a 20, 10 y 5 lb respectivamente demostrando la capacidad de reversión del etileno sobre el producto SmartFresh™.

Esta capacidad de reversión del etileno sobre el SmartFresh™ fue notoria en el caso de la fruta cosechada en diciembre. En esta situación la fruta tratada con SmartFresh™ mantuvo una firmeza alta constante entre 28 y 30 lb por un periodo de 4 días a 20°C, comparativamente la fruta con SmartFresh™ pero acondicionada con 100 ppm de etileno en ese mismo periodo de tiempo tuvo una firmeza de 25, 15 y 0 lb después de 2, 3 y 4 días de

TABLA 2. TIEMPO (DÍAS) DE APLICACIÓN DE 100 PPM DE ETILENO A 20°C PARA CONSEGUIR LA MADUREZ PROMEDIO DE 5 LB EN PALTA HASS TRATADAS A LA COSECHA CON 200 PPB DE 1-MCP (SMARTFRESH 0,14%) COSECHADAS EN OCTUBRE (15,3% ACEITE, COSECHA1), NOVIEMBRE (15,9% DE ACEITE, COSECHA 2) Y DICIEMBRE (18 % DE ACEITE, COSECHA 3) Y ALMACENADAS POR 6, 21 Y 35 DÍAS A 5°C.

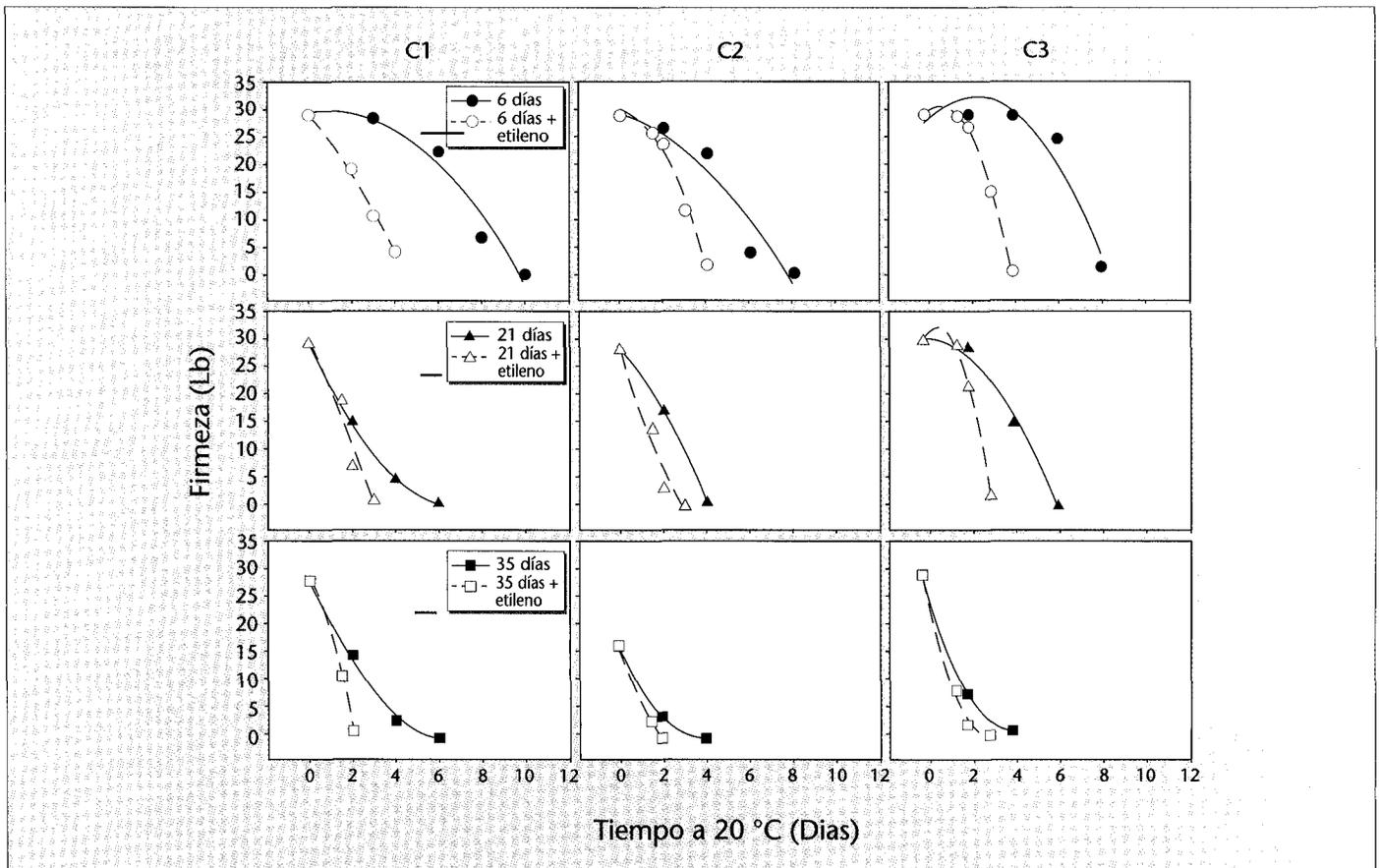
TIEMPO DE ALMACENAJE A 5°C (DÍAS)	TIEMPO PARA ALCANZAR MADUREZ DE 5 LB (DÍAS)					
	COSECHA 1		COSECHA 2		COSECHA 3	
	- C ₂ H ₄	+ C ₂ H ₄	- C ₂ H ₄	+ C ₂ H ₄	- C ₂ H ₄	+ C ₂ H ₄
6	9,0	4	7,0	3,5	7,5	3,5
21	4,0	2,5	3,5	2	5,5	3,0
35	4,0	2	2,0	1,5	2,5	1,5

aplicación de 100 ppm de etileno. Es importante señalar que la fruta tratada con 100 ppm de etileno por 1,5 días alcanzó la madurez de consumo después de 5 días de removiada del tratamiento en cambio la fruta tratada por 2 y 3 días logró la madurez de consumo después de 1 a 2 días mas, es decir un periodo máximo total también de 5 días.

La reversión del efecto de SmartFresh™ fue similar en la fruta almacenada por 20 y 35 días aunque en los casos de mayor tiempo de conservación fue menos justificable la aplicación.

Realizando un análisis comparativo, la fruta tratada con SmartFresh™ con 6 días de almacenaje a 5°C requirió de 4 días de

FIGURA 3. EVOLUCIÓN DE LA FIRMEZA (LB) DURANTE LA MADURACIÓN A 20°C DE PALTAS CV. HASS MANEJADAS CON 200 PPB, 1-MCP (SMARTFRESH), ALMACENADA POR 6, 21 Y 35 DÍAS A 5°C Y TRATADAS CON 100 PPM DE ETILENO. LA FRUTA FUE COSECHADA EN TRES OPORTUNIDADES C1: OCTUBRE 15,3% ACEITE, C2: NOVIEMBRE, 15,9% ACEITE, C3: DICIEMBRE, 18% ACEITE.



aplicación con 100 ppm de etileno para alcanzar la madurez de 5 lb, independiente del momento de cosecha, en cambio si la fruta tratada tenía 21 días de conservación el tiempo de aplicación fluctuó entre 2 y 3 días, en el caso de 35 días el tiempo fluctuó entre 1,5 y 2 días.

Los frutos con 5 lb lograron la madurez de consumo (menor a 2 lb), después de un día de maduración sin etileno, por lo tanto si se desea un tiempo mayor entre la aplicación y venta del producto, la fruta debe removerse antes, con menor tiempo de aplicación, es decir con fruta con valores de firmeza entre 15 y 10 lb, es decir la condición de consumo se logrará después de 4 a 3 días de exposición en anaquel a 20°C. (Tabla 2, Figura 3).

CONCLUSIONES

La efectividad del producto 1-MCP (SmartFresh™, 0,14%) fue demostrada por un menor ablandamiento y mayor retención del color verde a salida de almacenaje refrigerado a 5°C después de 6, 21 y 35 días de conservación a 5°C. Este efecto se comprobó en la fruta cosechada en Octubre, Noviembre y Diciembre con 15,3%, 15,9% y 18% de aceite respectivamente.

El efecto del producto SmartFresh™ se mantuvo durante la maduración a 20°C, pero no fue evidente en la fruta almacenada por 35 días y cosechada en noviembre o diciembre.

La aplicación de etileno logró revertir el efecto del producto SmartFresh™ logrando acelerar el proceso de maduración reflejado en un menor tiempo en alcanzar el estado de madurez de 5 lb en comparación a la fruta sin etileno.

El tiempo de aplicación de 100 ppm de etileno, para revertir el efecto de SmartFresh™ y madurar la fruta hasta 5 lb sería de 4 días para el caso de fruta de muy corto tiempo de almacenaje (6 días a 5°C) y entre 1,5 a 2 días para la fruta de mayor tiempo 21 y 35 días de almacenaje a 5°C.

La fruta después de 1 día alcanzará la madurez de consumo. En caso que se desee mayor tiempo entre aplicación y consumo se debería madurar hasta 15 o 10 lb en ese estado la fruta alcanzaría la madurez de consumo en 4 y 3 días respectivamente.

BIBLIOGRAFIA

Lemmer, D. and F., Kruger. 2003. Laboratory

based evaluation of 1-methyl cyclopropene (1-MCP): with five South African commercial export avocado cultivars. ARC-Institute for Tropical and Subtropical Crops. World Avocado Congress V Proceeding Granada-Malaga.

Lemmer, D., Bezuidenhout, S. Sekhune, P. Ramokone, L. Letsoalo, T. Malumane, P. Chibi, Y. Nxundu and F. Kruger. 2003. Semi-commercial evaluation of Smart-Fresh™ with South African export avocados in static containers at a packinghouse during 2002. South African Avocado Growers Association Yearbook. World Avocado Congress V Proceeding Granada-Malaga.

Zaberman, G. 1988. Response of mature avocado fruit to postharvest ethylene treatment applied immediately after harvest. Hortscience. 22: 588-698.

Zoffoli, J.P., 2002. Control de la acción del etileno: Una novedosa alternativa para prolongar la conservación de frutas. Agronomía y Forestal UC 4: 14-17.

Zoffoli, J.P, Beltran, T; Callejas, M.J. 2003. 1-Metilciclopropeno: Una Herramienta Efectiva para Controlar la Maduración de Palta y Relacionarla con la Maduración de Cosecha. Aconex 81:24-30.