

Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales



Trabajo Final de Carrera

Maduración postcosecha de peras Packham's Triumph tratadas con metilciclopropeno.

1-

Modalidad: Investigación

Área temática: Fruticultura

Alumno: Satragni, Juan Ignacio

Legajo: 23555/0

DNI: 28254272

Mail: jisatragni@gmail.com

Director: Ing. Agr. Rodríguez, Marcos Andrés.

Co-directora: Ing. Agr. Baeck, Camila.

Fecha de entrega: 5 de Noviembre, 2024.

AGRADECIMIENTO:

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a la Dra. Gabriela Calvo, jefa del área de Pos cosecha del INTA Alto Valle, cuyo conocimiento, dedicación y apoyo fueron fundamentales para la realización de esta tesis. Su orientación, tanto en lo académico como en lo personal, me ha brindado la confianza y las herramientas necesarias para superar los desafíos de esta investigación. Gracias por su paciencia, por compartir su vasta experiencia y por permitirme que a pesar de que el proceso tomó más tiempo del esperado debido a los retos de la vida, hoy pueda presentar este trabajo.

También agradecer de corazón a todo el curso de fruticultura de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, en especial a Camila Baek que me dio un apoyo fundamental para poder concretar el trabajo y a mi familia por siempre confiar y estar.

RESUMEN

En Argentina, las peras ocupan el primer lugar en las estadísticas de fruta fresca exportada (SENASA 2023). La vida postcosecha de las peras es de suma importancia debido a la creciente demanda de consumidores que buscan productos de calidad, seguros y libres de químicos cuestionados. Por ello, este trabajo de investigación se enfoca en mejorar la vida postcosecha de las peras, adaptándolas a las exigencias del mercado actual.

Existen varios tratamientos utilizados en frutas y hortalizas para mejorar su vida postcosecha. Uno de ellos es la aplicación de 1-MCP (1-metilciclopropeno), que inhibe la respuesta al etileno, una hormona vegetal que acelera la respiración y, por ende, el ablandamiento de la fruta.

Aunque el uso de 1-MCP ya se ha implementado con éxito en bananas, paltas, manzanas y tomates, en el caso de las peras presenta un desafío, ya que dificulta la recuperación de la sensibilidad al etileno, necesario para producir ablandamiento durante la comercialización y consumo.

El objetivo de esta investigación es evaluar la efectividad de diversas estrategias de reversión y aplicación del 1-MCP en peras 'Packhams Triumph', con el fin de lograr una adecuada maduración durante su comercialización.

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizaron peras cosechadas en una chacra ubicada en Guerrico, Río Negro, y se realizaron los ensayos y mediciones en el INTA Alto Valle. Se propuso realizar diversos tratamientos, variando las concentraciones de 1-MCP, los tiempos de exposición y la posterior aplicación de CO₂ y temperatura, entre otros. Posteriormente, se evaluaron los resultados mediante mediciones de calidad de la fruta.

INTRODUCCIÓN

La producción primaria mundial de pepitas en 2013, fue de 106,0 millones de toneladas. El 76% correspondió a manzana y el 24% a pera. China es el principal productor de manzana y pera (49,1% y 69,2%, respectivamente). En el caso de la manzana, le siguen EE.UU. (5,1%), Turquía (3,9%) y Polonia (3,8%). En tanto que en pera, le siguen EE.UU. (3,2%) e Italia (2,9%). Si se suma el conjunto de países de la UE, la misma tiene una participación superior al 15% en el caso de la manzana y cercana al 10% en pera. El incremento de la producción se explica por el principal productor mundial: China. (Ministerio de Hacienda, Cadena de valor manzana y pera, 2017).

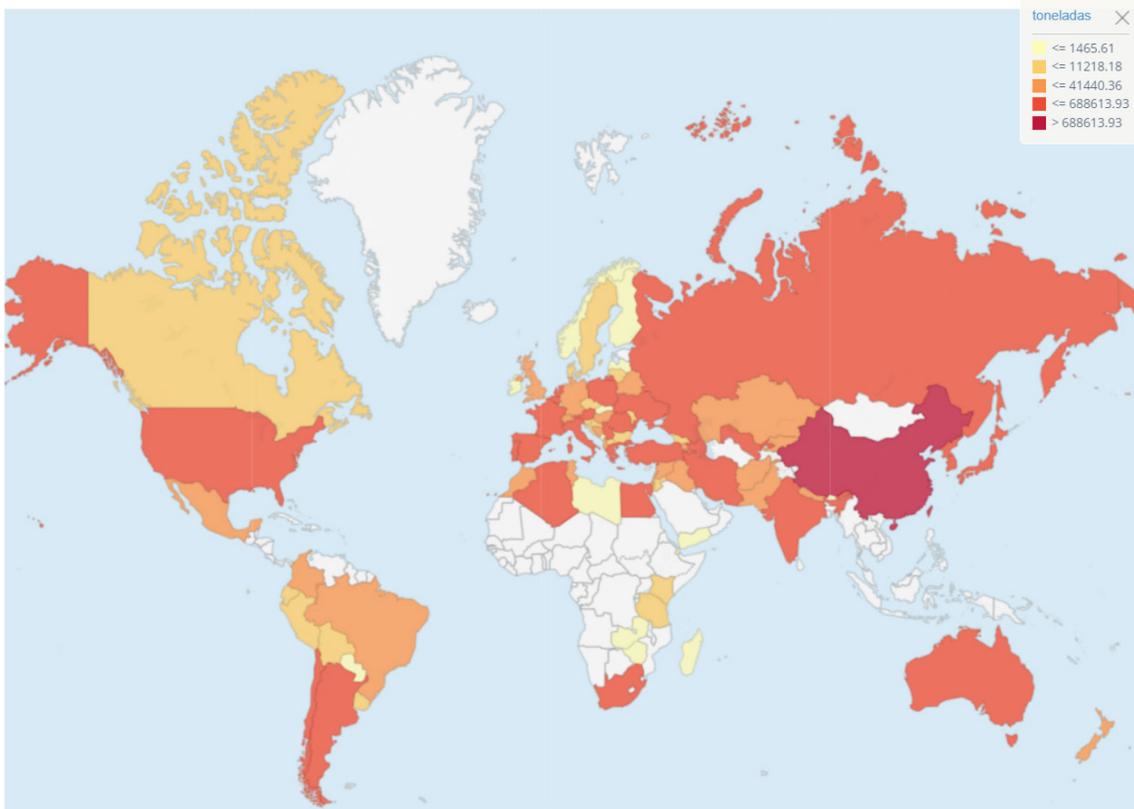


Figura 1: Producción mundial de peras por país promedio en la década 2012-2022. FAOStat.

En el hemisferio sur la producción de manzanas está en torno a las 5,5 millones de toneladas. Se destacan Chile, Brasil y Argentina; y, en menor medida, Nueva Zelanda y Sudáfrica. Argentina lidera la producción mundial de pera con el 7% del total, seguida por Sudáfrica y Chile. (Ministerio de Hacienda, Cadena de valor manzana y pera, 2017)

Argentina se ubica en el 15avo lugar entre los países que cultivan pepitas con 1,1 millones de toneladas de fruta fresca, distribuidas casi equitativamente entre pera y manzana, con un leve predominio de la primera (MAGyP, 2020).

La superficie actual de frutas de pepita en Patagonia norte (Rio negro y Neuquén) es de unas 35596 has de las cuales el 45 % corresponden a pera. La variedad Packham`s Triumph con el 29,2 % es la segunda en importancia luego de Willimas con el 40,5 % (Anuario estadístico 2021)

Los últimos años han surgido nuevas herramientas para retrasar la senescencia y el deterioro de los frutos percederos, vegetales, y flores cortadas. Estos incluyen la modificación de la fisiología de la maduración a nivel molecular y el uso de compuestos que inhiben la respuesta al etileno. Uno de estos compuestos, el 1-metilciclopropeno (1-MCP), ha demostrado una acción específica pero reversible en suprimir la respuesta al etileno y de este modo extender la vida postcosecha y la calidad de numerosos frutos y vegetales, destacándose manzana, tomate y palta por los exitosos resultados obtenidos. (Calvo, situación actual 1-mcp)

La demanda del mercado de exportación exige hoy en día frutas de alta calidad, inocuas y sin el uso de químicos cuestionados (Benic, 1999). Por ello, en los últimos años se ha puesto especial énfasis en preservar la calidad de los frutos mediante el uso de tecnologías no agresivas para la salud humana y respetuosas del medio ambiente (Bancroft, 1995; Kader et al., 1986). La aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP) se ha agregado a la lista de opciones para extender la vida postcosecha y mantener la calidad de productos tales como las peras y manzanas (Blankenship y Dole, 2003).

El 1-MCP es una olefina cíclica sintética, su nombre comercial es SmartFresh®, actúa uniéndose a las proteínas receptoras específicas del etileno, bloqueando así la acción de esta hormona (Sisler y Serek, 1997). Hay trabajos realizados en paltas, bananas, kiwis, fruta de carozo, mangos, manzanas y peras (Watkins y Miller, 2003). La aplicación de 1-MCP en peras permite reducir la producción de etileno, la respiración y retrasar el ablandamiento y la pérdida del color verde (De Wild et al., 1999; Baritelle et al., 2001; Eckman et al., 2004; Trincherro et al., 2004).

A diferencia de las manzanas, las peras solo alcanzan calidad de consumo cuando se ablandan. Este aspecto hace que la aplicación de 1-MCP en peras sea compleja, ya

que los efectos residuales no se disipan fácilmente durante un período de comercialización razonable luego del almacenamiento refrigerado (Argenta et al., 2003; Bai, 2006; Chen y Spotts, 2006; Ekman et al., 2004; trincherro et al., 2004).

Las peras son extremadamente sensibles a la exposición de 1-MCP, comparadas con las manzanas (Blankenship y Dole, 2003; Chen y Spots, 2006; Crouch, 2003; Watkins y Miller, 2005). La recuperación de la sensibilidad a etileno es dependiente principalmente de la concentración de 1-MCP, de la duración de la conservación (Watkins et al., 2000) y de la madurez de los frutos en el momento del tratamiento (Calvo, 2003).

Ha sido demostrado que la aplicación de etileno exógeno luego de la conservación no revierte la inhibición causada por 1-MCP (Mitcham et al., 2001; Argenta et al., 2003; Calvo, 2004; Trincherro et al., 2004). En cambio, la aplicación simultánea de 1-MCP con etileno o con CO₂ podría facilitar la posterior reversión, ya que ambos compiten con el 1-MCP por el receptor de etileno (De Wild et al., 1999). Asimismo, Bai et al. (2003) desarrollaron un tratamiento de acondicionado con temperatura luego de la conservación que resultó ser efectivo en peras 'Williams' y 'D'Anjou' tratadas con 1-MCP.

OBJETIVO

El objetivo de este ensayo es evaluar la efectividad de diversas estrategias que permitan la adecuada maduración de peras 'Packham's Triumph' tratadas con 1-MCP.

HIPÓTESIS

- La concentración de 1-MCP aplicada y la duración del almacenamiento influyen en la capacidad de las peras para madurar.
- La aplicación simultánea de 1-MCP con etileno o con dióxido de carbono permite mantener receptores libres, favoreciendo así el posterior proceso de maduración de las peras tratadas.
- La exposición de los frutos a temperaturas superiores a las de almacenamiento favorece la síntesis de nuevos receptores y la consecuente recuperación de la sensibilidad al etileno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron peras 'Packhams Triumph' cosechadas de una chacra ubicada en Guerrico, Río Negro, Argentina. Los frutos se cosecharán de acuerdo con las fechas fijadas por el Programa Regional de Madurez, el día 10 de febrero.

Tratamientos realizados:

Nº	Nombre Tratamiento	Concentración de 1-MCP	Reversión	Etileno	CO ₂	Temp. (17°C)
1	Control	0 ppb 1-MCP	No	No	No	No
2	300	300 ppb 1-MCP	No	No	No	No
3	600	600 ppb 1-MCP	No	No	No	No
4	300+300	300 ppb 1-MCP	Si	300 ppb	No	No
5	600+600	600 ppb 1-MCP	Si	600 ppb	No	No
6	600+CO ₂	600 ppb 1-MCP	Si	No	5%	No
7	300+T°2sem	300 ppb 1-MCP	Si	No	No	15 días
8	600+T°2sem	600 ppb 1-MCP	Si	No	No	15 días
9	600+T°3sem	600 ppb 1-MCP	Si	No	No	21 días

Tratamientos con 1-MCP: por 24 horas a 0 °C se realizaron el día de la cosecha, se colocaron en canastos plásticos y luego éstos en contenedores de 0,86 m³, donde se colocaron cantidades medidas de 1-MCP (0,14%i.a.). La concentración de 1-MCP se verificó por cromatografía gaseosa.

Tratamiento de reversión con etileno: se realizó en forma simultánea con una aplicación de la misma concentración de etileno. El etileno provino de una mezcla gaseosa de composición conocida (Etileno 5% y Nitrógeno), de nombre comercial AGA Pac MDF (Código 17000).

Tratamiento de reversión con CO₂: el tratamiento de 600 ppb de 1-MCP se realizará en forma simultánea con una aplicación de 5% de CO₂.

Almacenamiento y evaluaciones

La fruta de todos los tratamientos se almacenó embalada en cajas de cartón en una cámara frigorífica a -0,5°C en el INTA Alto Valle y fue evaluada después de 160 y 230 días de almacenamiento, tanto al salir de la cámara como después de 7 días de permanencia a 20°C. En cada evaluación se realizaron las siguientes determinaciones:

Producción de etileno

Se realizó con 1ml de muestra de aire del espacio de cabeza, analizada con un cromatógrafo de gases.

Madurez

La fruta de cada tratamiento se evalúa al momento de la cosecha y luego de la conservación. Las determinaciones realizadas fueron:

- Firmeza de la pulpa (lb): se determinó midiendo con penetrómetro dotado de un émbolo de 8 mm.
- Sólidos solubles (%): con refractómetro digital autocompensado.
- Acidez titulable (g/l): por titulación con NaOH 0,1N hasta pH 8,2, sobre 10 ml del jugo de los frutos de cada repetición.
- Degradación de almidón (solo en cosecha): en solución de lugol.
- Color de la epidermis: con colorímetro CR400, (Minolta CR300, Japón).

Calidad

Se determinó la incidencia de escaldadura superficial, decaimiento interno, podredumbres, y otras fisiopatías sobre el total de fruta evaluada y se expresa como porcentaje de fruta afectada.

Diseño experimental

Se trabajó con un diseño completamente al azar con 10 tratamientos y 3 repeticiones de 20 frutos cada una.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el software INFOSTAT/Profesional versión 2006p.1. Para todas las variables se ejecutó un ANOVA teniendo en cuenta los distintos tratamientos. Las variables analizadas cumplieron con los supuestos de normalidad y homoscedasticidad para todos los casos, el testeo de los supuestos se realizó mediante las pruebas paramétricas de Shapiro Wilks (modificado) para la normalidad y el test de Levene para la homogeneidad de varianzas. La separación de medias se realizó mediante prueba de Scott – Knott (Scott y Knott 1974) con un nivel de significación del 0,05 (valores de p).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros de madurez a cosecha

Tabla 1. Madurez de los frutos de peras ‘Packham’s Triumph’ el día de la cosecha (10 de febrero)

Parámetro	Valor
Firmeza (lb)	14,40
Sólidos Solubles (%)	11,27
Acidez Titulable (g/l)	2,68
Color (Hue)	117,32
Degradación Almidón (%)	45,00

En la región de Alto Valle, ‘Packham’s Triumph’ madura hacia fines de la primera semana de febrero, unos 138 días después de plena floración. La cosecha se inicia con una firmeza de pulpa de 15,5 a 17,5 lb; 10-11% de sólidos solubles, 3-5-4 g/l de acidez málica y 20-30% de almidón degradado. Teniendo en cuenta estos valores de referencia, la cosecha de este ensayo se hizo con madurez óptima. La autorización para el inicio de la cosecha que otorga el SENASA fue para Alto Valle el 5 de Febrero.

Producción de etileno a cosecha

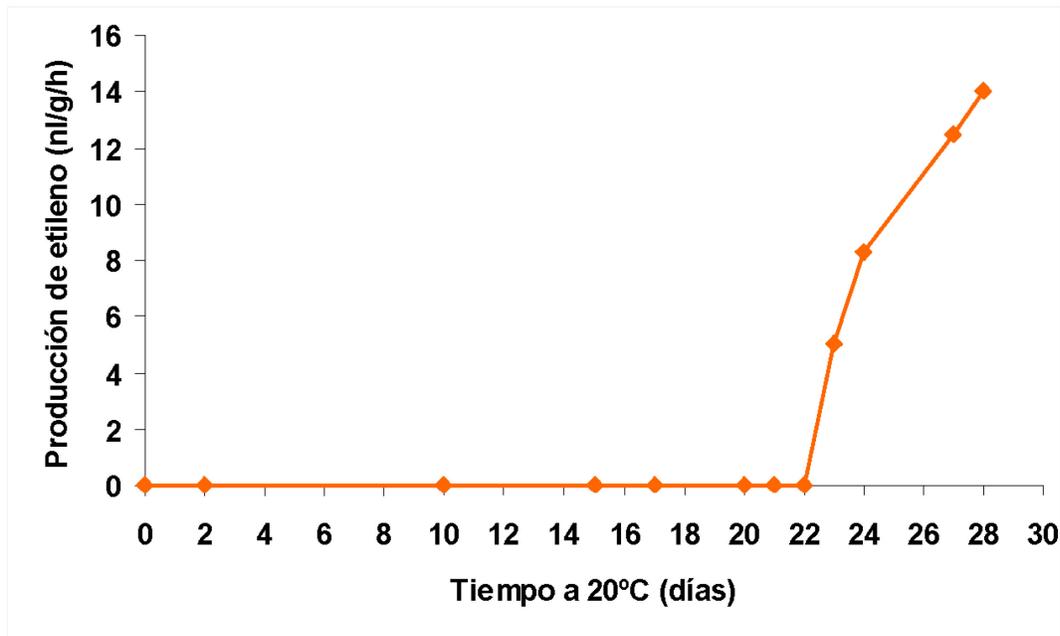


Figura 2: Producción de etileno durante la vida en estante a 20 °C, de peras 'Packham's Triumph' el día de la cosecha (10 de febrero).

Los frutos cosechados comenzaron a producir etileno luego de 22 días a 20°C (Figura 2). La exposición a bajas temperaturas es requerida para la normal maduración de algunos cultivares de peras de invierno (por ejemplo, 'd'Anjou' y 'Packhams Triumph'), en las que estimula la producción autocatalítica de etileno (Chen et al., 1982; Blankenship y Richardson, 1985; Gerasopoulos y Richardson, 1997a). Más aún, el incremento en la sensibilidad al etileno exógeno es proporcional al tiempo de almacenamiento en frío (Gerasopoulos y Richardson, 1997b). Si bien las bajas temperaturas no resultan absolutamente indispensables en la maduración de peras de verano (por ejemplo, 'Williams'), son capaces de sincronizar el inicio del incremento en la producción de etileno tanto en el árbol (Wang et al., 1971) como luego de cosechados (Looney, 1972).

Experimentos más recientes indican que el frío y el etileno interactúan en forma diferente para regular la expresión de los genes codificantes de las enzimas que catalizan los pasos de síntesis y oxidación del ACC, la ACS y ACO respectivamente

(Lelièvre et al., 1997). La expresión de al menos un gen que codifica para la ACS en pera es regulada por etileno únicamente durante o después del tratamiento con frío, mientras que la expresión de al menos un gen codificante de la ACO puede ser inducida separadamente por frío o etileno.

Temperaturas durante el periodo de reversión



Figura 3: Registro de temperaturas durante la permanencia de peras ‘Packham’s Triumph’ tratadas con 300 y 600 ppb de 1-MCP en cosecha y sometidas al tratamiento de reversión por temperatura.

El promedio de temperatura durante los 21 días en que los frutos permanecieron a temperatura ambiente fue de 17°C.

Producción de etileno durante el periodo de reversión

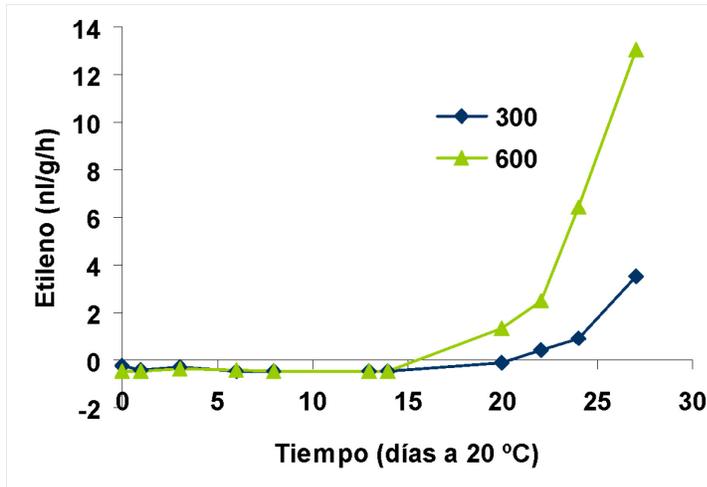


Figura 4: Producción de etileno durante la permanencia a 17 °C, de peras ‘Packham’s Triumph’ tratadas con 300 y 600 ppb de 1-MCP en cosecha. Los frutos fueron sometidos al tratamiento de reversión con temperatura, luego de 160 días de conservación.

Los frutos tratados con 300 y 600 ppb de 1-MCP no produjeron etileno hasta los 20 días de vida en estante y a partir de ese momento la producción comenzó a incrementarse. Las determinaciones finalizaron luego de 27 días de vida en estante, debido a que los frutos tenían síntomas de marchitamiento.

Es importante destacar que en los dos tratamientos de reversión por temperatura en que los frutos estuvieron 2 semanas (300+T°2sem y 600+T°2sem), no habían comenzado a producir etileno todavía, y en el tratamiento en que los frutos permanecieron 3 semanas (600+T°3sem), la producción había comenzado (Figura 4).

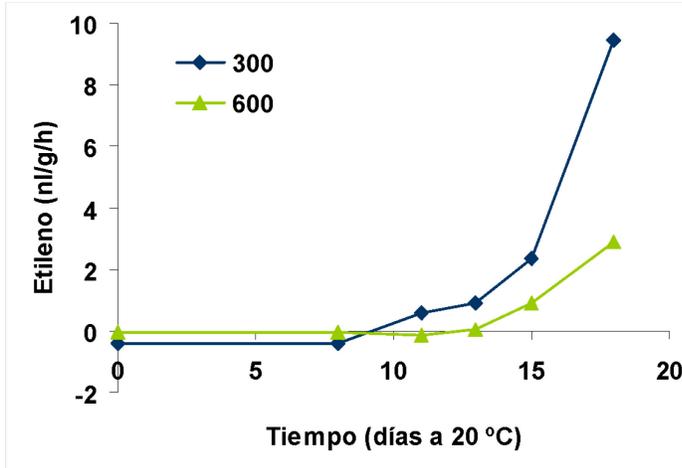


Figura 5: Producción de etileno durante la permanencia a 17 °C, de peras 'Packham's Triumph' tratadas con 300 y 600 ppb de 1-MCP en cosecha. Los frutos fueron sometidos al tratamiento de reversión con temperatura, luego de 230 días de conservación

Producción de etileno

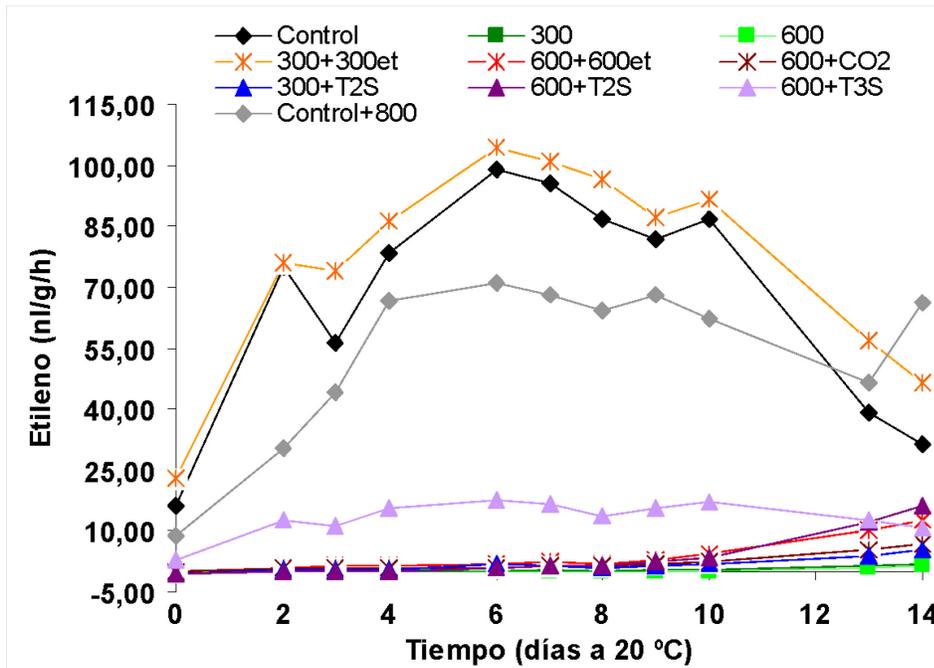


Figura 6: Efecto de los tratamientos de reversión sobre la producción de etileno de peras 'Packham's Triumph'. Las evaluaciones se realizaron durante la vida en estante de los frutos a 20°C, después de 160 días de conservación a -0,5°C en FC

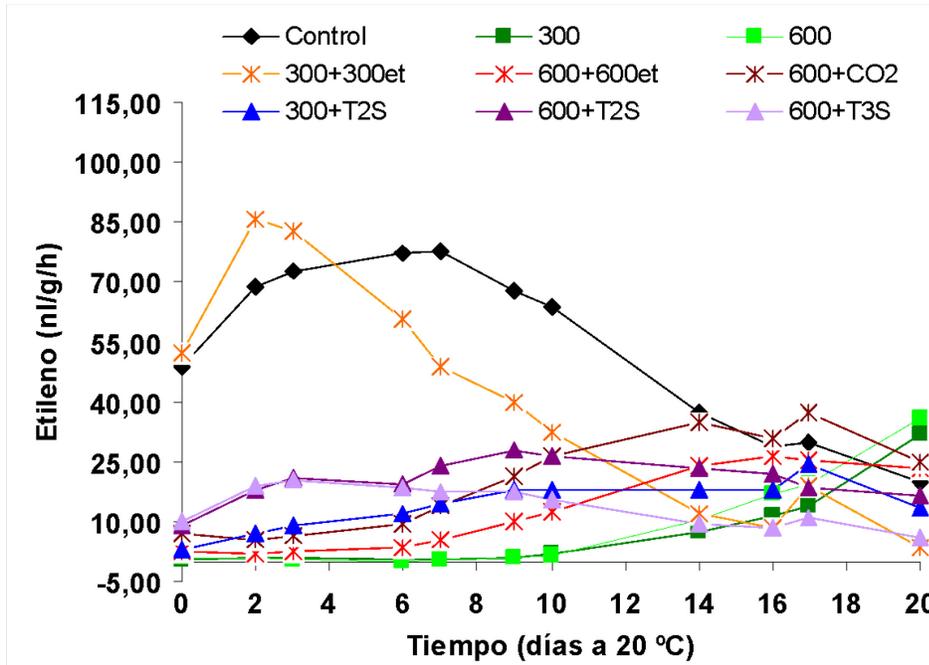


Figura 7: Efecto de los tratamientos de reversión sobre la producción de etileno de peras 'Packham's Triumph'. Las evaluaciones se realizaron durante la vida en estante de los frutos a 20°C, después de 230 días de conservación a -0,5°C en FC

La producción de etileno durante la vida en estante de los frutos luego de 160 y 230 días de conservación, se vio afectada por algunos tratamientos (Figuras 6 y 7).

Los frutos control tuvieron una típica curva de producción de etileno luego de ambos períodos de conservación. Luego de 160 días, presentaron una producción de 16 nl/g/h a la salida de la cámara, un incremento hasta llegar a un pico de 99 nl/g/h después de 6 días, para luego descender (Figura 6). Luego de 230 días, presentaron una producción de 48 nl/g/h a la salida de la cámara, un incremento hasta llegar a un pico de 77 nl/g/h después de 7 días, para luego descender (Figura 7).

Luego de 160 días, el tratamiento de 300+300et tuvo un comportamiento similar al control, indicando que la aplicación simultánea de etileno con el SF en esas concentraciones, inhibió el efecto de este último (Figura 5). Más aún, luego de 230 días, los frutos de este tratamiento produjeron el pico antes que el testigo (Figura 7)

Sin embargo, cuando se aplicaron en forma simultánea 600 ppb de SF + 600 ppb de etileno (600+600et), luego de 160 días de conservación, el SF inhibió la producción de etileno pero en menor medida que cuando se aplicó el SF a esa concentración. La producción de etileno se incrementó lentamente llegando a 12 nl/g/h, luego de 14 días, mientras que los frutos tratados con 600 ppb de SF, solo produjeron 1,2 nl/g/h en ese momento (Figura 6). Luego de 230 días de conservación, la producción de etileno de los frutos de este tratamiento alcanzó un pico de 26 nl/g/h luego de 16 días de vida en estante, y los frutos tratados con 600 ppb llegaron a un valor de 35 nl/g/h, sin mostrar un pico (Figura 7).

Un comportamiento similar se observó cuando se aplicaron en forma simultánea el SF y CO₂ (600+CO₂). Luego de una conservación de 160 días, los frutos aumentaron la producción de etileno lentamente, pero no alcanzaron un pico (Figura 5). Pero luego de 230 días, alcanzaron un pico de 34 nl/g/h a los 14 días (Figura 6).

El tratamiento con 300 y 600 ppb de SF realizado en cosecha inhibió la producción de etileno en forma significativa luego de 160 días de conservación, durante los 14 días en que se realizaron las determinaciones (valores menores a 2 nl/g/h). Sin embargo, cuando la aplicación de SF se realizó luego de 160 días de conservación, aún a una concentración mayor (800 ppb de SF), esta no fue efectiva para reducir la producción de etileno con respecto al control. Los frutos estaban produciendo etileno al final de la conservación (8 nl/g/h), y esta se incrementó hasta alcanzar un pico de 71 nl/g/h, luego de 6 días a 20°C (Figura 6). Luego de 230 días de conservación, el tratamiento con ambas concentraciones de SF siguió siendo efectivo para reducir la producción de etileno pero no la inhibió completamente. Esta se incrementó lentamente durante la vida en estante y llegó a valores de 31 y 35 nl/g/h luego de 20 días, sin evidenciar un pico (Figura 7).

Luego de 160 días de conservación, los tratamientos de reversión por temperatura realizados durante 2 semanas a 17°C, solo lograron un incremento de la producción de etileno luego de 13 días, en que comenzó un leve incremento, similar al obtenido en el

tratamiento de 600+600et. Cuando el periodo a 17°C fue durante 3 semanas, fue significativamente más efectivo. Los frutos ya estaban produciendo etileno (3 nl/g/h) al finalizar los 160 días de conservación, y alcanzaron un pico de 17 nl/g/h luego de 6 días (Figura 6). Asimismo, luego de 230 días de conservación, se observó que cuando el período a 17°C fue durante 3 semanas, la efectividad para revertir los efectos del SF fue mayor, ya que el pico de producción de etileno reprodujo luego de 3 días, mientras que cuando el periodo a 17°C fue de 2 semanas, el pico se vio luego de 9 o 17 días (Figura 7).

Parámetros de madurez después de la conservación

Tabla 3. Efecto de los tratamientos de reversión sobre los parámetros de madurez de peras 'Packham's Triumph' de **160 días** de conservación a -0,5°C en FC y 0, 7 y 14 días de vida en estante a 20 °C.

Días a 20°C	Tratamiento	Firmeza (lb)	Sólidos Solubles (%)	Acidez Titulable (g/l)	Color (hue)
0	Control	13,13 b	13,27 a	1,68 b	108,80 b
	300	14,07 a	13,47 a	1,76 b	112,00 a
	600	13,87 a	13,73 a	1,88 a	113,06 a
	300+300	13,19 b	13,20 a	1,54 b	107,97 b
	600+600	13,10 b	13,90 a	2,08 a	110,77 a
	600+CO2	13,66 b	13,43 a	1,94 a	109,56 b
	300+T°2s	14,43 a	13,37 a	1,68 b	109,91 b
	600+T°2s	14,79 a	13,57 a	1,74 b	111,94 a
	600+T°3s	13,12 b	13,47 a	1,61 b	106,41 b
	Control+800	12,71 b	12,50 b	1,47 b	108,80 b
	<i>Valor de p</i>	<i>0,0040</i>	<i>0,0075</i>	<i>0,0084</i>	<i>0,0005</i>
7	Control	2,41 d	13,83 b	1,30 c	106,68 c
	300	13,60 a	13,93 a	1,88 b	113,04 a
	600	14,09 a	13,50 b	1,81 b	112,61 a
	300+300	2,71 d	13,57 b	1,65 b	103,11 d
	600+600	10,61 b	13,70 b	1,99 b	109,48 b
	600+CO2	12,79 a	14,37 a	1,94 b	110,97 b
	300+T°2s	11,24 b	13,73 b	2,55 a	106,92 c
	600+T°2s	11,72 b	13,60 b	1,72 b	107,24 c
	600+T°3s	8,03 c	13,53 b	1,65 b	99,24 e
	Control+800	3,42 d	13,27 b	1,74 b	110,31 b
	<i>Valor de p</i>	<i><0,0001</i>	<i>0,0030</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>
14	Control	1,63 d	11,60 b	1,72 b	95,44 d
	300	14,20 a	13,10 a	1,65 b	109,29 a
	600	15,98 a	12,33 a	1,65 b	110,81 a
	300+300	1,12 d	10,83 b	1,72 b	94,38 d
	600+600	6,04 c	12,77 a	1,74 b	99,89 c

600+CO2	10,29 b	12,73 a	1,68 b	104,88 b
300+T°2s	7,22 c	12,07 a	1,81 b	97,36 c
600+T°2s	5,28 c	12,50 a	1,79 b	96,91 c
600+T°3s	2,93 d	12,50 a	1,68 b	93,08 d
Control+800	1,24 d	12,87 a	2,01 a	96,18 c
Valor de p	<0,000 1	0,0004	0,0001	<0,0001

Tabla 4. Efecto de los tratamientos de reversión sobre los parámetros de madurez de peras 'Packham's Triumph' luego de **230 días** de conservación a -0,5°C en FC y 0, 7 y 14 días de vida en estante a 20 °C.

Días a 20°C	Tratamiento	Firmeza (lb)	Sólidos Solubles (%)	Acidez Titulable (g/l)	Color (hue)
0	Control	7,98 c	12,70 b	1,25 b	99,64 b
	300	12,93 a	13,93 a	1,52 a	109,39 a
	600	11,00 b	13,20 b	1,70 a	110,26 a
	300+300	10,13 b	11,77 b	1,32 b	106,79 a
	600+600	14,05 a	15,00 a	1,65 a	109,30 a
	600+CO2	13,53 a	13,43 b	1,18 b	110,49 a
	300+T°2s	13,29 a	13,77 a	1,63 a	101,93 b
	600+T°2s	11,42 b	14,57 a	1,74 a	100,61 b
	600+T°3s	10,04 b	14,27 a	1,92 a	95,47 c
	Valor de p	<0,0001	0,0015	<0,0001	<0,0001
7	Control	3,94 c	11,40 b	1,25 d	92,49 c
	300	12,64 a	13,13 a	1,68 c	109,78 a
	600	14,27 a	12,90 a	1,38 d	109,77 a
	300+300	4,58 c	12,80 a	1,32 d	100,73 b
	600+600	4,87 c	13,63 a	2,12 b	101,96 b
	600+CO2	8,01 b	13,13 a	1,45 d	106,68 a
	300+T°2s	6,70 b	13,07 a	1,61 c	98,76 b
	600+T°2s	5,82 b	13,87 a	1,88 c	98,56 b
	600+T°3s	3,42 c	13,00 a	2,81 a	92,66 c
	Valor de p	<0,0001	0,0011	<0,0001	<0,0001
14	Control	3,38 b	11,95 b	1,41 b	86,67 c
	300	13,04 a	13,00 b	1,61 b	102,80 a
	600	12,89 a	12,10 b	1,76 b	102,53 a
	300+300	3,47 b	12,50 b	1,47 b	95,43 b
	600+600	2,13 b	14,67 a	1,97 a	96,17 b
	600+CO2	2,80 b	12,13 b	1,50 b	94,26 b
	300+T°2s	3,69 b	12,80 b	2,57 a	91,55 c
	600+T°2s	3,09 b	13,80 a	2,28 a	89,48 c
	600+T°3s	1,90 b	12,77 b	2,03 a	85,42 d
	Valor de p	<0,0001	0,0033	0,0048	<0,0001

Los controles perdieron 1,27 lb de firmeza durante 160 días de conservación, y 6,42 lb luego de 230 días, respecto de la firmeza inicial. Al cabo de 7 días a 20°C luego de

ambos períodos de conservación, tenían una firmeza menor a la recomendada para consumo (Tabla 3 y 4).

Asimismo, se observó una pérdida de color verde durante ambos períodos de conservación. Luego de 160 días, el valor promedio de hue de los controles fue de 108, y de 99 luego de 230 días, lo que significó una pérdida de color verde de 9 y 18 (hue) respectivamente (Tabla 3 y 4).

El tratamiento con 300 y 600 ppb de SmartFresh® en cosecha resultó sumamente efectivo para reducir la pérdida de firmeza y de color en los frutos luego de 160 y 230 días de conservación y durante su vida en estante. No se observaron diferencias significativas entre las dos concentraciones utilizadas en las evaluaciones realizadas luego de 160 días de conservación. Luego de 230 días, se observaron diferencias en valores de firmeza entre las dos concentraciones pero sólo resultaron significativas luego de la conservación (Tabla 4). Los frutos tratados con SF en cosecha no perdieron firmeza al cabo de los 14 días a 20°C, luego de ambos períodos de conservación (Tablas 3 y 4). Sin embargo, cuando el tratamiento con SF se realizó después de finalizar la conservación de 160 días (control +800) el tratamiento no resultó efectivo, y los frutos maduraron como los controles (Tabla 3).

Los resultados obtenidos permiten inferir que las concentraciones o bien 300 y 600 ppb son excesivas para el cv. 'Packhams Triumph', o que el tiempo de conservación y/o de maduración a temperatura ambiente resultó insuficiente para una correcta comercialización de la fruta ya que no reanuda la maduración aun luego de 230 días y 14 días de vida en estante (Tablas 3 y 4).

En general, el tiempo requerido para lograr el ablandamiento para consumo una vez que los frutos se transfieren a 20 °C, decrece a medida que se prolonga la conservación a 0 °C (Ekman et al., 2004). En general, esto fue así en el caso de los tratamientos de reversión evaluados, pero no para la fruta tratada con 300 o 600 ppb de SF (Tablas 3 y 4).

Al aplicar 1-MCP se busca reducir la tasa de maduración de los frutos a fin de mantener la madurez y calidad de los mismos, tanto durante el período de conservación como durante la vida en estante. Para lograrlo, es necesario saturar los sitios activos de los receptores de etileno con 1-MCP, para impedir que actúe el etileno presente y desencadene la maduración. Sin embargo, hay situaciones en las que no es deseable que los receptores permanezcan activos en su totalidad, inhibiendo el progreso de la maduración, sino que es preferible alcanzar una maduración parcial en el corto plazo (Ekman et al., 2004). Esto es importante para peras, ya que la saturación de los receptores con 1-MCP en peras podría causar un retraso excesivo en la maduración, que es lo que se observó en este ensayo, cuando los frutos se trataron con 300 y 600 ppb de SF en cosecha.

Los frutos tratados con 1-MCP requieren mayor cantidad de días a temperatura ambiente para alcanzar la madurez de consumo (pérdida de color verde, pérdida de firmeza y producción de jugo) que los controles sin tratamiento. La concentración de 1-MCP utilizada y la duración de la conservación (Watkins et al., 2000) así como la madurez de los frutos en el momento del tratamiento (Calvo, 2004a; Harris et al., 2000) influyen en la cantidad de tiempo necesaria para que los frutos reanuden la maduración. Estos factores, así como la especie y el cultivar y la demora en la aplicación, entre otros, pueden afectar la efectividad de los tratamientos. Es importante conocer en qué medida los factores mencionados afectan la efectividad del 1-MCP, no sólo para obtener una respuesta en los frutos que justifique su aplicación sino para que, luego de aplicar una concentración determinada, la fruta reanude la maduración en el momento de la comercialización. El uso de 1-MCP en peras podría ser problemático si el efecto residual sobre la tasa de maduración no se disipa durante el período de comercialización (Argenta et al., 2003; Bai et al., 2006; Chen y Spots, 2005).

Las peras alcanzan la calidad organoléptica óptima cuando se ablandan lo suficiente hasta adquirir una textura fundente, con cambios de color apropiados al cultivar, y desarrollo de características de sabor y aroma asociadas con los contenidos de

azúcares y ácidos, y con la producción de volátiles (Kappel et al., 1995; Ma et al., 2000). Al evaluarse 11 cultivares de peras, la firmeza óptima para la jugosidad preferida fue de 4.02 lb a 5.03 lb, dependiendo de la percepción individual de cada consumidor (Kappel et al., 1995).

Todos los tratamientos realizados para lograr la reversión de los efectos del 1-MCP sobre la inhibición de la maduración fueron efectivos en distintos grados, ya que los frutos de todos los tratamientos se ablandaron más que los tratados con SmartFresh® durante la vida en estante. A su vez, se observó que al prolongarse la conservación de 160 a 230 días, los frutos sometidos a los distintos tratamientos de reversión maduraron más rápido, a pesar de que los tratamientos con SF continuaron inhibiendo la maduración (Tablas 3 y 4).

En los tratamientos de reversión mediante la aplicación simultánea de SF y etileno, la efectividad de los mismos fue dependiente de la concentración utilizada. En el tratamiento 300+300 etileno la reversión fue total luego de ambos períodos de conservación, ya que los frutos maduraron igual a los controles durante la vida en estante (Tablas 2 y 3). Sin embargo, cuando se aplicaron simultáneamente 600 ppb de SF con 600 ppb de etileno, luego de 160 días de almacenamiento los frutos se ablandaron a una tasa mayor a los tratados con SF, pero menor a los controles, alcanzando al cabo de 14 días una firmeza de 6 lb (Tabla 2). Luego de 230 días, se ablandaron menos que los controles durante la conservación, pero el ablandamiento fue similar durante la vida en estante, indicando que se había revertido el efecto inhibitorio del SF (Tabla 4).

Cuando se realizó la aplicación de SF y CO₂ (600+CO₂), luego de 160 días de almacenamiento y 7 días de vida en estante, los frutos tenían una firmeza similar a los tratados con 600 ppb de SF, pero a los 14 días tenían un promedio de 10 lb, mientras que los tratados con 600 SF tenían 14 lb (Tabla 2). Al prolongarse la conservación, la reversión fue más efectiva, ya que luego de 7 días, los frutos de este tratamiento tenían

6,26 lb menos que los tratados con 600 ppb, y luego de 14 días a 20°C, 10 lb menos (Tabla 4).

En cuanto a los tratamientos de reversión con temperatura, fueron los más efectivos, y esta efectividad dependió del tiempo de permanencia a 17°C, antes de volver a ingresar al frío. Cuando esta permanencia fue de 3 semanas (600+T°3S) la efectividad para revertir los efectos del SF fue mayor. Los frutos alcanzaron las 8 lb y casi 3 lb luego de 160 días de almacenamiento y 7 y 14 días a 20°C, respectivamente (Tabla 3). Luego de 230 días, la firmeza de los frutos de este tratamiento fue similar a los controles luego de 7 y 14 días a 20°C. Sin embargo, cuando la permanencia fue de 2 semanas, los frutos presentaron una firmeza promedio de 6lb al cabo de 7 días a 20°C (Tabla 4). Esto indicaría que al determinar el tiempo de permanencia a 17°C, habría que tener en cuenta la duración prevista de la conservación.

Bai et al., (2006) encontraron que la reversión de los efectos del 1-MCP en peras fue dependiente del cultivar, de la atmósfera de conservación, y su duración. Las peras 'Williams' tratadas con 300 ppb de 1-MCP recobraron su capacidad de madurar en respuesta a varias combinaciones (t° / días) de acondicionamiento, entre 10°C y 20°C y 10-20 días. Sin embargo, en peras 'D'Ánjou' ninguna combinación fue efectiva para revertir los efectos de 300 ppb de 1-MCP, pero si cuando la concentración fue de 50 ppb.

Luego de un período que varía según la especie y el cultivar, los tejidos vegetales tratados con 1-MCP recuperan parcialmente la sensibilidad al etileno. No se conoce en forma fehaciente las causas fisiológicas que permiten la recuperación de la capacidad de los frutos de madurar luego del tratamiento con 1-MCP. La síntesis de nuevos receptores, y tal vez la disociación del 1-MCP de los sitios de unión en los receptores luego de largos períodos de tiempo, son dos de las hipótesis que pueden explicar la recuperación de la capacidad de maduración de los frutos (Blankenship y Dole, 2003).

Como aún no se ha logrado revertir los efectos del 1-MCP mediante la exposición al etileno exógeno, los tratamientos deberían ser aplicados de forma tal que la fruta pueda madurar normalmente luego de un período de conservación. La aplicación simultánea de SF y etileno ó de SF y CO₂ podría ser una estrategia viable, a juzgar por los resultados obtenidos en este ensayo. A su vez, el acondicionamiento mediante temperatura, previo a la comercialización, mostró resultados alentadores. La ventaja de estos tratamientos es que éste acondicionamiento se realizaría a medida que se necesita comercializar la fruta, y no en toda la fruta junta, como es el caso de la aplicación de SF y etileno o CO₂.

Los mejores índices para evaluar la tasa de maduración de las peras son los cambios en la producción de etileno y en la firmeza (Chen y Mellenthin, 1981). Trincherro et al. (2004) observaron un paralelismo entre la pérdida de firmeza y la producción de etileno en peras 'Williams'. En este ensayo se observa cierta similitud entre la curva de evolución de firmeza y de color durante la vida en estante de los frutos después de 160 días de conservación (Figura 5).

Las peras necesitan tener una firmeza adecuada, alrededor de 10 lb para entrar en la cadena de transporte y distribución y evitar el daño mecánico, y los distribuidores esperan que estos frutos alcancen la madurez de consumo al cabo de 7 días (Mithcam y Thompson, 2004). Se utilizaron como valores de referencia hue=102 y firmeza=4.05 libras como indicadores de que los frutos estaban amarillos y blandos como para consumo, respectivamente (Ekman et al., 2004).

Calidad

Escaldadura Superficial

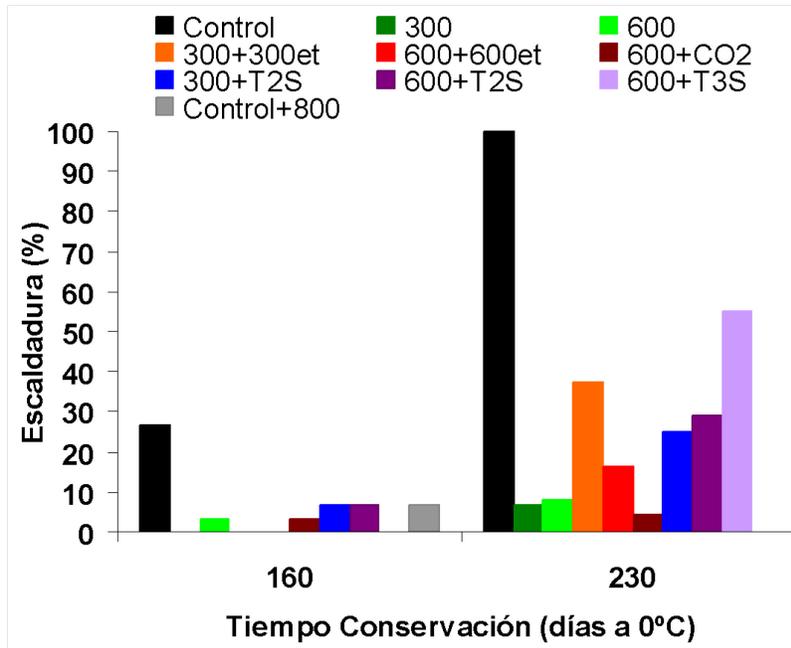


Figura 8: Efecto de los tratamientos de reversión sobre la incidencia de escaldadura superficial de peras 'Packham's Triumph'. Las evaluaciones se realizaron luego de 7 días de vida en estante (20°C) de los frutos después de **160 y 230 días** de conservación a -0,5°C en FC



Foto 1. Pera 'Packham's Triumph' con síntomas de escaldadura superficial

Los controles fueron los que mayor incidencia presentaron luego de 160 y 230 días de conservación. Los síntomas de escaldadura se manifestaron después de 7 días a 20°C. A su vez, la incidencia de esta fisiopatía se agravó al prolongarse la conservación. Los tratamientos más efectivos en reducir su incidencia fueron 300 y 600 ppb de SF (Figura 8).

La incidencia de escaldadura en los controles fue del 26% luego de 160 días y del 100% luego de 230 días (Figura 7). Luego de 160 días de almacenamiento y 7 días a 20°C, la incidencia de escaldadura en los tratamientos evaluados fue baja, menor al 7%, y en muchos casos no se observaron frutos afectados. Sin embargo, luego de 230 días de conservación todos los tratamientos manifestaron un porcentaje variable de frutos afectados por esta fisiopatía (Figura 8).

Los tratamientos que tuvieron algún grado de reversión del efecto de SF, fueron los que mayores valores de fruta afectada presentaron, como 600+T3S; 300+300et; 600+T2S; 300+T2S; que desarrollaron luego de 230 días a -0,5°C y 7 días a 20°C un 55%, 37%, 29% y 25% escaldadura, respectivamente.

En los tratamientos de 300+300et; 600+600et y 600+T3S, a pesar que la reversión de los efectos del SF sobre el ablandamiento fue total luego de 230 a -0,51C y 7 días a 20°C, la incidencia de escaldadura fue menor a los controles (Tabla 4 y Figura 8).

El potencial de conservación de las peras 'Packhams Triumph' es de 6-7meses en FC (Benítez, 2001). Su principal limitante es el desarrollo de escaldadura superficial. Habitualmente se controla mediante el uso de etoxiquina o difenilamina, pero la aplicación de estos antioxidantes tiene ciertas limitaciones, como una ventana reducida de aplicación (7 días luego de la cosecha), fitotoxicidad y residuos. La legislación de los diferentes países, cada vez es más exigente en cuanto al nivel de residuos permitidos en los frutos y la presión pública por reducir el uso de compuestos sintéticos, está en constante aumento (Ingle et al, 1990; Curry and Kupferman, 1993). Debido a ello, es esencial disponer de métodos alternativos para el control de esta fisiopatía, y el tratamiento con SF podría ser una alternativa.

El desorden denominado escaldadura superficial es una fisiopatía de conservación de cultivares susceptibles de manzanas y peras y se manifiesta como un amarronamiento de la piel, resultado de la necrosis de las células hipodérmicas (Bain y Mercer, 1963) (Foto 2). El desarrollo del desorden ocurre durante la conservación a bajas temperaturas y exhibe muchas características similares al daño por frío (Watkins et al., 1995).

Esta fisiopatía estaría asociada a un proceso de oxidación en el que el compuesto alfa-farneseno aparece como uno de los más reactivos. En la actualidad, la oxidación del alfa-farneseno a trienos conjugados se postula como la principal causa del desorden (Whitaker et al, 1997). Whitaker et al. (2000) informaron que los radicales libres ó volátiles tóxicos generados por la oxidación de alfa-farnesenos pueden causar un incremento de la expresión e intensidad de los síntomas de escaldadura. Las células de las plantas expuestas a bajas temperaturas usualmente incrementan la producción de especies activas de oxígeno (Pinhero et al., 1997). Bajo condiciones de estrés por bajas temperaturas, la disrupción de la cadena de electrones en la mitocondria puede llevar a la generación de radicales superóxido (Purvis et al., 1995). Por lo tanto, la generación de radicales libres y especies activas de oxígeno podrían servir como una potencial causa primaria para el desarrollo de escaldadura superficial (Ahn et al., 2007).

La disminución del daño inducido por las especies activas de oxígeno podría estar asociada con la tolerancia de las manzanas y peras al desarrollo de escaldadura superficial. La susceptibilidad a la escaldadura podría vincularse con el incremento de la producción de radicales libres y eventos peroxidativos. El desarrollo de escaldadura también podría estar relacionado con la producción de radicales libres a través del catabolismo del alfa-farneseno (Rao et al., 1998).

Varios estudios indicaron que la producción de etileno afecta el metabolismo del alfa-farneseno (Watkins et al, 1995; Whitaker et al, 2000). El alfa-farneseno, producido por la epidermis del fruto, llega a su máxima concentración en almacenaje y disminuye consistentemente cuando la incidencia del desorden aumenta, debido a su oxidación a

trienos conjugados. El desarrollo de escaldadura puede reducirse o evitarse a través de la inhibición de la producción de alfa-farneseno o de su acumulación, ventilando las cámaras de conservación, recubriendo los frutos con papeles con aceite, o inhibiendo su oxidación mediante el uso de difenilamina (Huelin, 1968; Lurie et al., 1989).

Estudios previos mostraron que la inhibición de la síntesis o de la acción del etileno reduce la producción de alfa-farneseno y trienos conjugados y consecuentemente inhibe la escaldadura superficial (Whitaker et al, 1997; Fan y Mattheis, 1999; Rupasinghe et al., 2000; Watkins et al., 2000). Esto justifica la efectividad del tratamiento con SF en el control de la escaldadura.



Foto 2. Frutos de peras 'Packham's Triumph' sometidas a distintos tratamientos de reversión, luego de 160 días de conservación más 14 días a 20°C



Foto 3. Frutos de peras 'Packham's Triumph' sometidas a distintos tratamientos de reversión, luego de 230 días de conservación más 7 días a 20°C.

Podredumbres



Foto 4. Frutos de peras 'Packham's Triumph' con síntomas de podredumbre, luego de 230 días de conservación más 14 días a 20°C

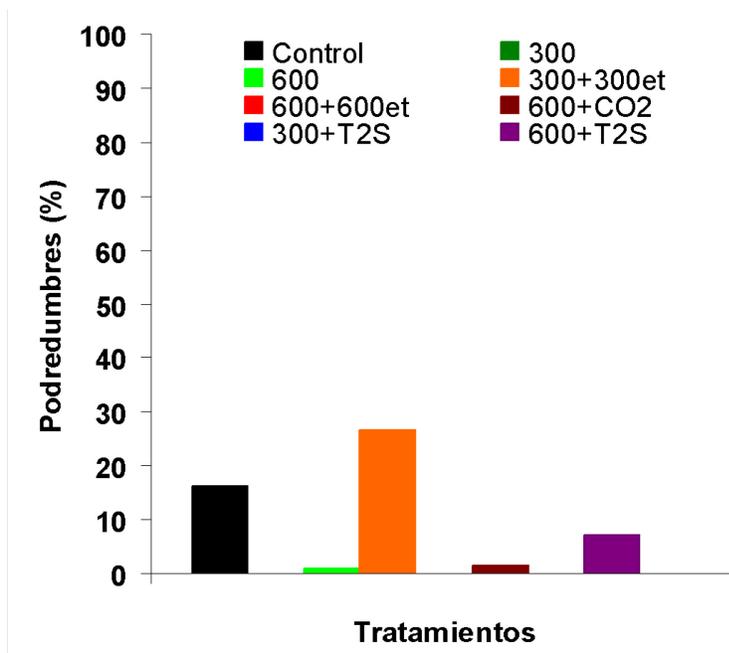


Figura 9: Efecto de los tratamientos de reversión sobre la incidencia de podredumbres de peras 'Packham's Triumph'. Las evaluaciones se realizaron el día de finalizado el almacenamiento luego de **230 días** de conservación a 0°C en FC

No se observaron frutos con podredumbre luego de 160 días de almacenamiento en ninguno de los tratamientos evaluados. Luego de 230 días, se observó una incidencia

de 26%, 16%, 7% y 1% en frutos podridos en 300+300et; control; 600+T2S y 600+CO₂, respectivamente (Figura 9).

Decaimiento interno

No se observaron frutos con decaimiento interno luego de 160 días de conservación, ni aun después de 14 días de vida en estante. Luego de 230 días, solo los controles manifestaron un 10% de incidencia durante la vida en estante. Ningún fruto del resto de los tratamientos desarrolló decaimiento interno.



Foto 5. Frutos de peras ‘Packham’s Triumph’ con síntomas de decaimiento interno, luego de 230 días de conservación más 7 días a 20°C

CONCLUSIÓN

La utilización de SmartFresh® a nivel comercial en peras, requiere aplicar una concentración de 1-MCP que sea suficiente para retrasar la maduración durante el tiempo necesario, pero que permita la correcta maduración de la fruta luego de la conservación en frío, para lo cual conviene utilizar concentraciones de 1-MCP subsaturantes, y utilizar alguna estrategia de reversión.

Las diversas estrategias de reversión y aplicación del 1-MCP en peras ‘Packhams Triumph’ evaluadas en este ensayo lograron de alguna manera revertir los efectos del 1-MCP aplicado en cosecha. El efecto de los tratamientos se observó en un aumento

de la producción de etileno, y en una mayor tasa de ablandamiento y de pérdida de color verde.

Los tratamientos de reversión con temperatura, fueron los más efectivos, y esta efectividad dependió del tiempo de permanencia a 17°C, antes de volver a ingresar al frío. Cuando esta permanencia fue de 3 semanas la efectividad para revertir los efectos del 1-MCP fue mayor.

La efectividad de los tratamientos de aplicación simultánea de 1-MCP y etileno, fue dependiente de la concentración aplicada. El tratamiento de 300ppb de 1-MCP junto con 300 ppm de etileno fue más efectivo que la aplicación de 600 ppb de 1-MCP y 600 ppm de etileno.

La aplicación simultánea de 1-MCP y CO₂, logró revertir los efectos del 1-MCP, luego de 14 días de vida en estante, cuando la conservación fue de 160 días, y luego de 7 cuando fue de 230 días.

Al prolongarse la conservación, los frutos sometidos a los distintos tratamientos de reversión maduraron más rápido, a pesar de que los tratamientos con SF continuaron inhibiendo la maduración. Por ello se considera importante tener en cuenta el tiempo previsto de conservación, al decidir el tratamiento de reversión a utilizar.

BIBLIOGRAFÍA

Argenta, L.C., Fan, X. & Mattheis, J.P. (2003). Influence of 1-methylcyclopropene on ripening, storage life, and volatile production by d'Anjou cv. pear fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51, 3858-3864.

Bai, J., Mattheis, J.P. & Reed, N. (2006). Re-initiating softening ability of 1-methylcyclopropene-treated 'Bartlett' and 'd'Anjou' pears after regular air or controlled atmosphere storage. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 81, 959-964.

Bancroft, R.D. (1995). The use of a surface coating to ameliorate the rate of spread of postharvest fungal diseases of top fruit. *International Biodeterioration & biodegradation*. 385-405.

Baritelle, A.L., Hyde, G.M., Fellman, J.K. & Varith, J. (2001). Using 1-MCP to inhibit the influence of ripening on impact properties of pear and apple tissue. *Postharvest Biology and Technology* 23, 153-160.

Benic, L. (1999). El manejo de las podredumbres de postcosecha y controles críticos para reducir el inóculo. En: *Curso Internacional de producción integrada y orgánica de frutas*. EEA Alto Valle. Río Negro. Argentina. Cap. 4.1: 1-15

Benitez, C.E. (2001). Cosecha y Poscosecha de Peras y Manzanas en los Valles Irrigados de la Patagonia. INTA EEA Alto Valle. General Roca, Río Negro. Argentina. 126 pp.

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

CAFI. Informe técnico realizado por la Cámara Argentina de Fruticultores Integrados. www.cafi.org.ar

Calvo, G. (2003). Efecto de la demora en la aplicación de 1-metilciclopropeno en peras y manzanas. INTA EEA Alto Valle, Río Negro, Argentina. 26 pp

Calvo, G. (2004). Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on pear maturity and quality. *Acta Horticulturae* 628, 203-211.

Chaves-Franco, S.H. & Kader, A.A. (1993). Effects of CO₂ on ethylene biosynthesis in 'Bartlett' pears. *Postharvest Biology and Technology* 3, 183-190.

Chen, P.M. & Spotts, R.A. (2005). Changes in ripening behaviours of 1-MCP-treated 'd'Anjou' pears after storage. *International Journal of Fruit Science* 5, 3-18.

Curry, E.A., and E.M. Kupferman. (1993). A Systems Approach to Scald Control. Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal. Vol.4

De Wild, H.P.J., Woltering, E.J. & Peppelenbos, H.W. (1999). Carbon dioxide and 1-MCP inhibit ethylene production and respiration of pear fruit by different mechanisms. *Journal of Experimental Botany* 50, 837-844.

Ekman, J.H., Clayton, M., Biasi, W.V. & Mitcham, E.J. (2004). Interactions between 1-MCP concentration, treatment interval and storage time for 'Bartlett' pears. *Postharvest Biology and Technology* 31, 127-136.

FAO Informe estadístico de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. www.fao.org/faostat

Fan, X., Blankenship, S.M. & Mattheis, J.P. (1999). 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 124, 690-695.

Gerasopoulos, D. & Richardson, D.G. (1997a). Ethylene production by 'd'Anjou' pears during storage at chilling and nonchilling temperature. *HortScience* 32, 1092-1094.

Gerasopoulos, D. & Richardson, D.G. (1997b). Differential propylene induced ethylene production in 'd'Anjou' pears during storage at chilling and non-chilling temperatures. *Journal of Horticultural Science* 72, 571-575.

Ingle, M., M.C. D'Souza and J.C. Morris. 1990. Bulletin 704, Agr. And Exp. Stn., West Virginia University.

Jiang, Y., Joyce, D.C. & Macnish, A.J. (1999). Responses of banana fruit to treatment with 1-methylcyclopropene. *Plant Growth Regulation* 28, 77-82.

Kader, A.A; M, Cantwell, and F. Gordon Mitchell. (1986). Gas diffusion, water loss and quality of pears and stone fruits affected by 'Semperfresh' coating. University of California, Davis, CA.

Kerbel, E.L., Kader, A.A. & Romani, R.J. (1988). Effect of elevated CO₂ concentrations on glycolysis in intact 'Bartlett' pear fruit. *Plant Physiology* 86, 1205-1209.

Lelièvre, J.M., Tichit, L., Dao, P., Fillion, L., Nam, Y.W., Pech, J.C. & Latché, A. (1997). Effects of chilling on the expression of ethylene biosynthetic genes in Passe-Crassane pear (*Pyrus communis* L.) fruits. *Plant Molecular Biology* 33, 847-55.

Looney, N.E. (1972). Interactions of harvest maturity cold storage and two growth-regulators on ripening of 'Bartlett' pears. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 97, 81-83.

Mir, N.A., Curell, E., Khan, N., Whitaker, R.M. & Beaudry, R.M. (2001). Harvest maturity, storage temperature, and 1-MCP application frequency alter firmness retention and chlorophyll fluorescence of 'Red Chief Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 126, 618-624.

Mattheis J., S.Blankechip, R. Roberts and N.Reed. (2000). Manipulation of Ethylene for apple Postharvest Managment. Washington Tree Fruit research commission. Research Review.

Mattheis J. P., X.Fan; L.C.Argenta. (2000). Manipulation of Bartlett pear fruti ripening with 1-MCP. ISHS. 8 th. International Pear Sympoium- Sepetember 4-9, 2000. Pg:263-265.

Mitcham, E.J., Mattheis, J.P., Bower, J., Biasil, B. & Clayton, M. (2001). Responses of European Pears to 1-MCP. *Perishables Handling Quarterly* 108: pp. 16-19.

SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos). (2006). Dirección Nacional de Mercados, Dirección de Mercados Agroalimentarios, Área Frutas. Perfil de mercado de Manzanas y Peras.

Scott AJ, MA Knott. (1974). Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics* 30:507-512.

SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria) Cadena Vegetal - Estadísticas. www.argentina.gob.ar/senasa/estadisticas

Sisler E.C., Dupille, V. & Serek, M. (1996). Effect of 1-methylcyclopropene and methylcyclopropane on ethylene binding and ethylene action on cut carnations. *Plant Growth Regulation* 18, 79-86.

Tatsuki, M., Endo, A. & Ohkawa, H. (2007). Influence of time from harvest to 1-MCP treatment on apple fruit quality and expression of genes for ethylene biosynthesis enzymes and ethylene receptors. *Postharvest Biology and Technology* 43, 28-35.

Trincherro, G.D., Sozzi, G.O., Covatta, F. & Fraschina, A.A. (2004). Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene extends postharvest life of 'Bartlett' pears. *Postharvest Biology and Technology* 32, 193-204.

Wang, C.Y., Mellenthin, W.H. & Hansen, E. (1971). Effect of temperature on development of premature ripening in 'Bartlett' pears. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 96, 122-125.

Watkins, C. B., Nock J.F., Whitaker B.D. (2000). Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. *Postharvest Biology and Technology* 19 (2000)17- 32.

Watkins, C.B. & Miller, W.B. (2003). Implications of 1-methylcyclopropene registration for use on horticultural products. En: Vendrell, M., Klee, H., Pech, J.C. & Romojoro, F. (eds.), *Biology and Technology of the Plant Hormone Ethylene III*, IOS Press, Amsterdam, Netherlands, pp. 385-390.

Watkins, C.B. & Miller, W.B. (2005). 1-Methylcyclopropene (1-MCP) based technologies for storage and shelf life extension. *Acta Horticulturae* 687, 217-224.