



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
Facultad de Ciencias y Tecnología de los Alimentos

Trabajo Integrador para optar al título de:
“Especialista en Calidad e Inocuidad de Alimentos”

Comparación del efecto de las aplicaciones en pre-cosecha de aminoetoxivinilglicina (AVG) y 1-metilciclopropeno (1-MCP) y su incidencia en la calidad post-cosecha de peras Williams.

Autor:

Técnico universitario en conservación de alimentos por frío
Yolanda Analía Coria

Tutor:

Ingeniero Agrónomo
Leandro Fernández

Villa Regina-RIO NEGRO

Resumen

Se realizó una investigación en el marco del desarrollo de tecnologías que permitan prolongar el período de post-cosecha de frutos de pera Williams. La misma tuvo como objetivo comparar la efectividad del inhibidor de la acción de etileno 1-metil-ciclopropeno (1-MCP) y del inhibidor de la síntesis de etileno aminoetoxivinilglicina (AVG) para inducir retardo de madurez y senescencia en los frutos.

Se utilizaron frutos de pera Williams de un cuadro frutal comercial del Alto Valle de Río Negro. El mismo fue dividido en cuatro lotes de treinta filas correspondientes a los tratamientos: aminoetoxivinilglicina (Retain®), 1-metilciclopropeno (HvA1) aplicado a inicio de cosecha, 1-metilciclopropeno (HvA2) aplicado a los cinco días de inicio de cosecha y testigo es decir sin aplicación de reguladores de madurez.

Los frutos para la evaluación se colectaron en dos momentos: a los cinco y a los diez días de la última aplicación mediante un muestreo aleatorio. Posteriormente fueron colocados en una habitación a 20°C (vida en estante) con la finalidad de simular el proceso de maduración durante su comercialización.

Se realizaron mediciones de firmeza y color a los días cero (estado inicial), siete y catorce de vida en estante mientras que la tasa de emisión de etileno fue evaluada al día cero, siete, catorce y veintiuno para cada momento.

A partir de los resultados obtenidos se pudo concluir que todos los tratamientos retardaron el proceso de maduración respecto del testigo y que el tratamiento HvA2 se comportó de manera más efectiva, retardando la madurez y senescencia de los frutos respecto del resto de los tratamientos.

Agradecimientos:

Ing. Agr. D' Hervé Federico.

Ing. Agr. Fernández Leandro.

Ing. Agr. Martínez Sebastián.

Ing. Agr. Tassile Valentín.

Tec. Lab. Martínez Vanesa.

Índice General

1.0	Introducción	
1.1	Características de la pera Williams.....	5
1.2	Importancia comercial.....	5
1.3	Proceso de maduración.....	5
1.3.1	Biosíntesis del etileno.....	6
1.3.2	Índices de madurez.....	8
1.3.2.1	Señalización del etileno.....	10
1.4	Inhibidores químicos de la maduración.....	11
1.4.1	1-Metilciclopropeno.....	11
1.4.2	Aminoetoxivinilglicina.....	13
1.4.3	Permanganato de Potasio.....	14
1.4.4	Sales de Plata.....	15
1.5	Estado actual del tema.....	15
2.0	Fundamentación del estudio propuesto.....	16
3.0	Objetivos de trabajo	16
4.0	Materiales y métodos.....	17
4.1	Procedimientos en campo.....	17
4.2	Procedimientos en laboratorio.....	19
4.3	Análisis estadístico de los resultados.....	21
5.0	Resultados.....	22
5.1	Análisis de Firmeza.....	22
5.2	Análisis de Color.....	25
5.3	Análisis de Etileno.....	29
6.0	Conclusiones.....	33
7.0	Bibliografía.....	34
	Anexo 1.....	38

1-Introducción

1.1 Características de la pera Williams

Conocida como Williams Bon Chrétien o Bartlett, esta variedad de pera es originaria de Inglaterra donde fue descubierta en 1765 y diseminada posteriormente al resto de Europa y EE.UU. (Giayetto y Villareal, 2010).

El fruto es piriforme con cintura bien definida, de tamaño medio a grande, de 230 a 235 gramos de peso y 105 milímetros de calibre. El pedúnculo es de tamaño y grosor mediano, parcialmente leñoso y de inserción oblicua, la cavidad peduncular es algo profunda y el cáliz semicerrado. La epidermis es fina y delicada de color verde claro que se torna a un atractivo amarillo a la madurez, a veces con tintes rosados en la cara expuesta al sol, punteada de numerosas lenticelas bien visibles. La pulpa es blanca, de textura fina, típicamente aromática, muy jugosa, dulce suavemente acidulada, ligeramente granulada en la zona cercana a los lóculos carpelares donde aparecen unas pocas células pétreas y con muy buena calidad organoléptica (Benítez, 2001).

1.2 Importancia Comercial

Los valles irrigados del norte de la Patagonia se desarrollaron en torno a la fruticultura, la cual constituye el eje de la economía regional.

En la actualidad, el Alto Valle de Río Negro y Neuquén es la principal zona exportadora de pera a nivel mundial, con una superficie aproximada de 20.500 ha de la cuales la variedad Williams ocupa 47% de la superficie (9600 ha) siendo la principal variedad producida (Giayetto y Villareal, 2010).

El principal destino de la producción es la exportación. El 61% de la producción ingresa a los mercados del mundo, el 17% se comercializa en el mercado doméstico y el 22 % se industrializa para la producción de jugo concentrado como producto central. Los principales mercados de exportación son Brasil, Rusia, Italia y Estados Unidos (Giayetto y Villareal, 2010).

1.3 Proceso de Maduración

La madurez no es un estadio definido del desarrollo, si no un fenómeno en constante evolución que implica cambios en el color, sabor, textura y aroma de los frutos. El etileno es una fitohormona de naturaleza gaseosa cuya acción

regula el proceso de maduración de los órganos vegetales a nivel molecular, bioquímico y fisiológico al estimular la expresión de los genes que codifican las enzimas relacionadas con los cambios durante la maduración y el posterior envejecimiento o senescencia (Jiang y Fu, 2000; Kesari *et al.*, 2007). El etileno ocasiona que los frutos adquieran características organolépticas deseables para su consumo, sin embargo, su efecto genera posteriormente efectos indeseables sobre los tejidos afectando su aspecto y calidad (Bapat *et al.*, 2010).

1.3.1 Biosíntesis del etileno

El etileno es el resultado de una serie de reacciones que comienzan con la conversión del aminoácido metionina en S-Adenosil-L-metionina (SAM) catalizada por la enzima SAM sintetasa (Fig. 1). Luego tiene lugar la formación de ácido aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) a partir de SAM mediante la enzima ACC sintasa (ACS) y finalmente la conversión de ACC a etileno catalizada por la ACC oxidasa (ACO) (Buchanan *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2002). Luego del proceso, la metionina es regenerada en el Ciclo de Yang y vuelve a quedar disponible para un nuevo proceso lo que permite una tasa elevada de síntesis de etileno aun con niveles bajos de metionina intracelular (Barry y Giovannoni, 2007).

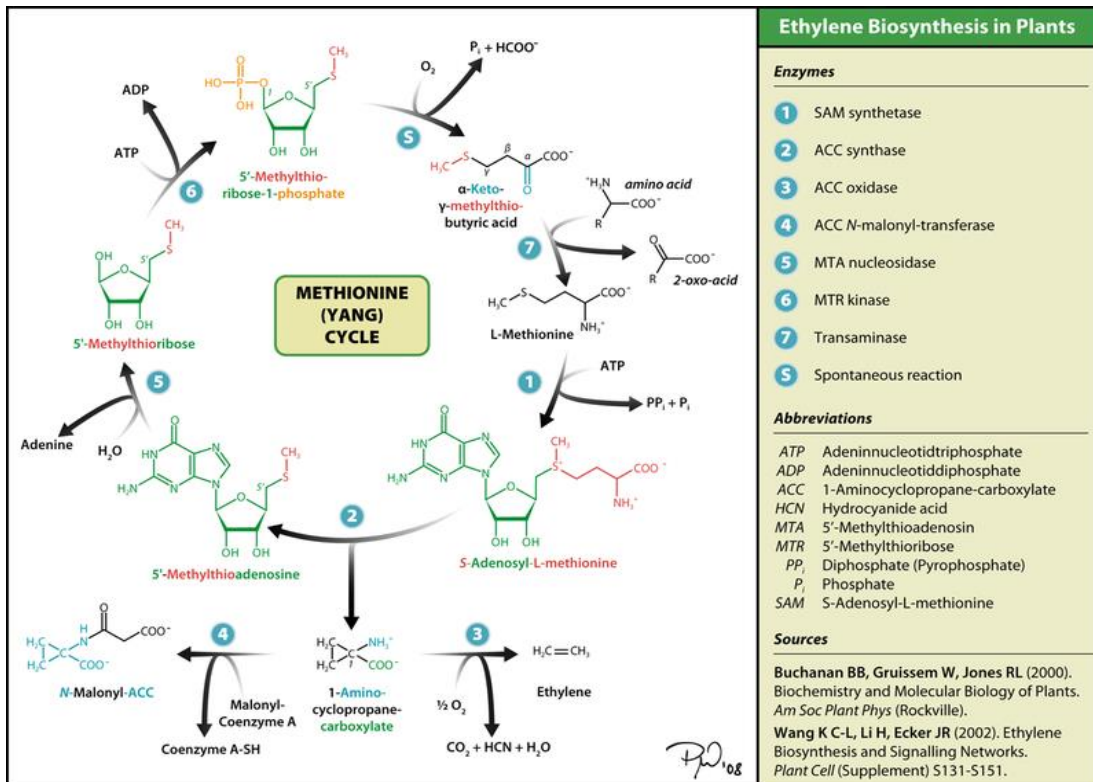


Fig. 1 Etapas de la biosíntesis de etileno

Los frutos denominados “climatericos”, como las peras y manzanas poseen un mecanismo auto catalítico de producción de etileno que les permite continuar con su proceso de maduración una vez separados de la planta. La tasa de producción de etileno (TPE) en frutos climatericos presenta un patrón definido, con una serie de etapas (Fig. 2) en función de las cuales es posible establecer la secuencia para el manejo de la cadena comercial, desde su cosecha y conservación, hasta su permanencia en los comercios o “vida en estante”.

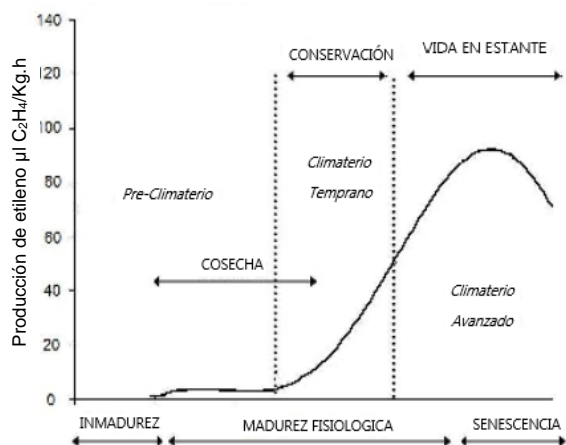


Fig. 2 Gráfico de la tasa de producción de etileno ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{Kg.h}$) y su relación con las etapas de maduración en frutos climatericos.

La individualización del momento más favorable de cosecha está relacionada con su destino posterior: temprano para las primicias, tarde para el consumo inmediato y promediando el período de aptitud de cosecha para el almacenamiento a largo plazo (Benítez *et al.*, 2004).

La cosecha se inicia en la etapa del mínimo pre-climaterico y se extiende hasta el climaterio temprano (Benítez y Castro, 2005). En el estado de mínimo pre-climaterico, el fruto recién cosechado aun no produce etileno, pero ha alcanzado las condiciones de maduración suficientes para producirlo posteriormente y desarrollar sus características organolépticas adecuadamente. En cambio, el climaterio temprano es un estado avanzado de la madurez en el cual el fruto se encuentra al inicio de la fase de síntesis de etileno lo cual determina que los frutos tengan menor capacidad de conservación.

El estudio de los patrones de producción de etileno de las distintas variedades permite determinar el momento óptimo de cosecha de la fruta y su capacidad de

conservación. Para medir la tasa de producción de etileno de los frutos se utilizó un cromatógrafo de gases (Fig. 3).

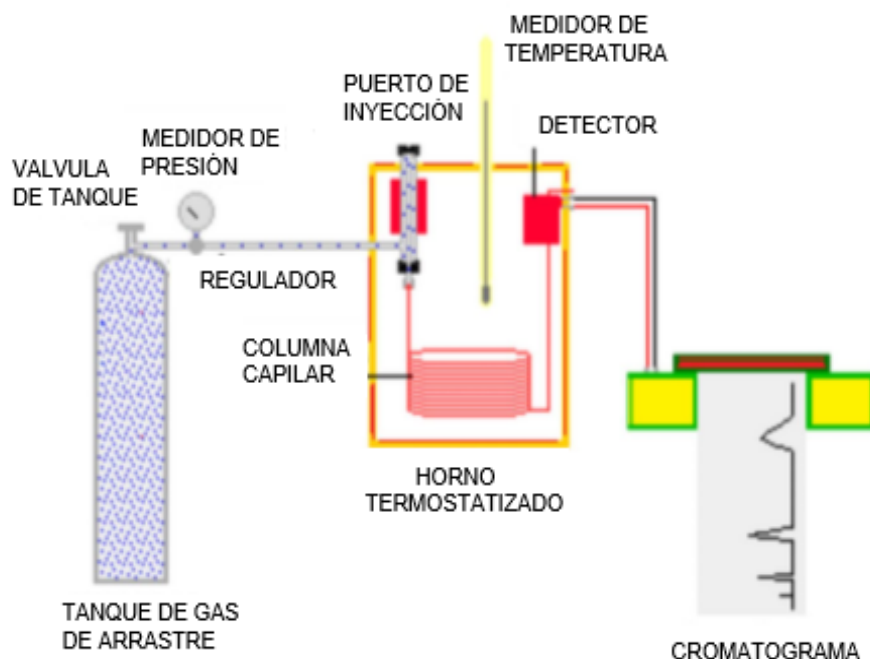


Fig. 3. Representación esquemática de un cromatógrafo de gases.

La muestra gaseosa que contiene etileno se introduce a través del puerto de inyección del cromatógrafo y es transportada por medio de un gas inerte o gas de arrastre (fase móvil) a través de una columna que contiene un solvente (fase estacionaria) que permite separar mezclas orgánicas complejas según su afinidad con el solvente (Agilent Technologies, 2011). La temperatura del proceso es regulada por un horno termostático en función del punto de ebullición de los analitos que se pretenden determinar. Una vez separados, los compuestos son transportados hacia el detector, cuya finalidad es la de poner de manifiesto la presencia de determinada sustancia y mediante un software adecuado, se obtiene el cromatograma que contiene información cuantitativa del contenido de la muestra.

1.3.2 Índices de madurez

Los índices de madurez son una serie de parámetros que permiten conocer las características físicas, químicas, fisiológicas y organolépticas de un fruto en un momento determinado. A partir de los índices de madurez es posible establecer el momento óptimo de cosecha de los frutos y su capacidad de conservación.

Algunos índices son destructivos y sólo pueden ser medidos una única vez en un fruto determinado, otros son de tipo no destructivo y posibilitan tomar diversas medidas sobre un mismo fruto a lo largo del tiempo (Benítez, 2001).

Índices no destructivos:

- ✓ Edad del fruto: indica el periodo transcurrido desde el momento del cuaje y se expresa en días después de plena floración (DDPF).
- ✓ Color de superficie: expresa los cambios de color que experimentan los frutos durante su maduración. Se obtiene por comparación con escalas de color de cada especie/variedad.
- ✓ Tamaño del fruto: se corresponde con el peso en gramos y con las medidas del diámetro en la zona ecuatorial (calibre) y de la altura del eje, (distancia entre el borde de la cavidad calicinal y el borde de la cavidad peduncular).
- ✓ Medición de la tasa de producción de etileno: se realiza mediante cromatografía y se expresa en $\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{Kg.h}$.

Índices destructivos

- ✓ Firmeza de la pulpa: representa la resistencia de la pulpa a la penetración por parte del instrumento de medición (penetrómetro). Se expresa en unidades de presión libra/pulgada² (lbf/in²) o Kg/cm² y se mide sobre el plano ecuatorial del fruto en dos o más puntos equidistantes.
- ✓ Sólidos solubles o índice refractométrico: expresa el contenido de azúcares disueltos en el extracto líquido del fruto. Se expresa en grados Brix (°Bx) y se mide mediante refractómetro.
- ✓ Acidez total titulable o índice de acidez (IA): Indica el contenido de ácidos orgánicos presentes en el extracto líquido del fruto y se expresa en gramos de ácido málico por litro.
- ✓ Contenido de almidón: se expresa en % de almidón degradado y se evalúa aplicando un colorante que reacciona en presencia de almidón (lugol) sobre la pulpa de los frutos en el plano ecuatorial. Los patrones de degradación son diferentes según la especie/variedad por lo que se utilizan tablas pictóricas comparativas específicas para cada caso.

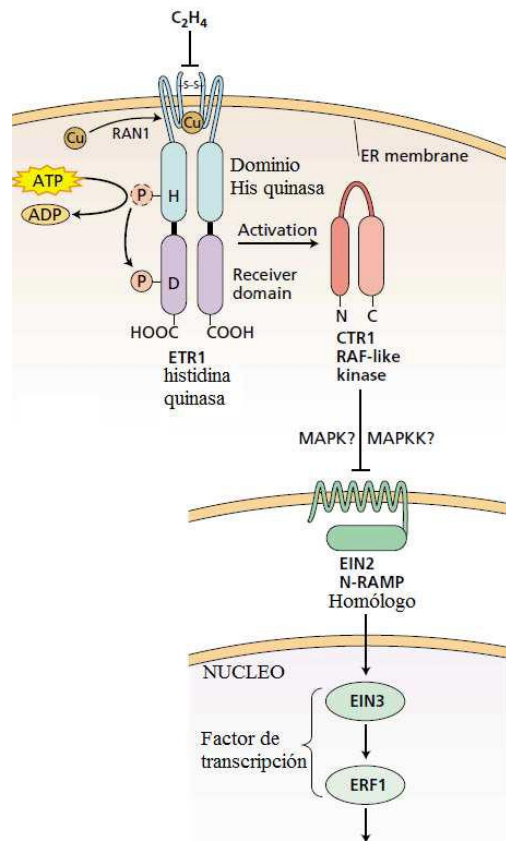
En la región del Alto Valle de Río Negro los frutos de pera Williams se encuentran aptos para ser cosechados alrededor del 10 de enero, cuando estos han alcanzado los 105 días de edad contados a partir de la fecha de plena floración (datos históricos del Programa Regional de Madurez. 1999-2012). El periodo de cosecha óptimo –aquel donde se garantiza un adecuado comportamiento de maduración con las máximas expectativas de conservación- se extiende alrededor de 2 a 3 semanas, según las características climáticas de la temporada (Gomilla, 2013).

1.3.2. 1. Señalización del etileno.

El etileno interviene en la maduración de los frutos mediante la expresión de determinados genes que codifican la síntesis de un conjunto de proteínas con actividad enzimática como hidrolasas, pectinasas, quinasas y amilasas. La acción de estas enzimas determina la aparición de pigmentos antociánicos, y compuestos volátiles de aroma agradable acompañados de la pérdida de firmeza y la conversión del almidón en azúcares simples de sabor dulce. La expresión de un gen es un proceso complejo y controlado que consta de dos fases principales: la transcripción en la cual la información contenida en un gen del ADN es transferida a un ARN mensajero (ARNm) en el núcleo de la célula y la traslación que tiene lugar en el citoplasma donde los ribosomas descifran el código de la secuencia de bases del ARNm y lo traducen a la cadena de aminoácidos que conformarán una determinada proteína.

La señalización del etileno (Fig. 4) inicia con la unión de éste a un grupo de receptores proteicos (ETR1) presentes en la membrana del retículo endoplasmático (Chen *et al.*, 2005), que requiere de iones Cu^{2+} para formar un dímero del receptor (Binder, 2008).

En ausencia de etileno el receptor ETR1 activa la quinasa CTR1 reprimiendo la ruta de respuesta al etileno. Al producirse la unión del etileno al ETR1, ocasiona la inactivación de la proteína quinasa CTR1 y permite a la proteína transmembrana EIN2 convertirse en activa. Esta activación provoca que una familia de factores de transcripción (EIN3) induzca la expresión de promotores de los factores de respuesta al etileno ERF1, activando una cascada transcripcional que conduce a la expresión de los genes relacionados con la maduración de los frutos.



Genes de respuesta al Etileno
Fig. 4: Señalización del etileno

1.4. Inhibidores químicos de la maduración

El conocimiento del mecanismo de acción del etileno ha permitido desarrollar tecnologías y procedimientos para disminuir sus efectos negativos, como la refrigeración, uso de atmósferas modificadas y controladas, aplicaciones de calcio, y retardantes químicos de madurez los cuales han mostrado mayor eficiencia en el control de la madurez y senescencia de frutos, hortalizas y flores (Arora *et al.*, 2008). Los retardantes químicos de la maduración se pueden clasificar en: inhibidores de la señalización (acción) del etileno, como el 1-metilciclopropeno (1-MCP); inhibidores de la síntesis del etileno, donde se incluyen la aminoetoxi-vinil-glicina (AVG) y el ácido aminooxiacético (AOA); los oxidantes del etileno, como el permanganato de potasio KMnO_4 y las sales de plata (nitrato y tiosulfato de plata).

1.4 El 1-Metilciclopropeno (1-MCP)

El 1-MCP (C_4H_6) es una olefina cíclica cuyo peso molecular es de 54 Da y se presenta en estado gaseoso a temperatura y presión normales (Blankenship y

Dole, 2003). El 1-MCP ocupa los receptores del etileno de manera irreversible, bloqueando la cascada de señales que conllevan a la expresión de los genes relacionados con la respuesta al etileno (Blankenship y Dole, 2003; In *et al.*, 2013) y por inhibición del proceso autocatalítico al disminuir la expresión de genes que codifican para las enzimas ACS y ACO (Choi *et al.*, 2008; Ma *et al.*, 2009; Cerqueira *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2012).

La afinidad del 1-MCP por los receptores es diez veces mayor a la del etileno lo que le permite actuar de forma efectiva a muy bajas concentraciones. El compuesto no es tóxico, es inodoro, estable a temperatura ambiente, es de fácil aplicación y altamente eficaz en numerosos productos agrícolas incluyendo frutos, vegetales, flores cortadas y plantas en maceta (Serek *et al.*, 2006; Watkins, 2006; Hubert, 2008). A pesar de que la unión del 1-MCP es irreversible, se ha reportado que los tejidos pueden recuperar la sensibilidad al etileno, debido a la capacidad de síntesis de nuevos receptores (Cameron y Reid, 2001), lo cual depende de la especie, tejido, estado de desarrollo y ambiente (Varanasi *et al.*, 2013). La concentración de 1-MCP necesaria para bloquear la acción del etileno varía de acuerdo con la especie, cultivar, estado de maduración, capacidad de producción de nuevos receptores, tiempo y temperatura de exposición (Watkins, 2006).

Los mejores resultados se han observado en frutos climatéricos (Blankenship y Dole, 2003; Hubert, 2008) aunque, en frutos no climatéricos también se han encontrado resultados favorables (Dou *et al.*, 2005). El 1-MCP disminuye la actividad de enzimas que degradan la pared celular, como pectin-metilesterasa (PME), poligalacturonasa (PG), endo- β -1,4-glucanasa (EGasa) y pectato liasa (PL) (Lohani *et al.*, 2004; Khan y Singh, 2007), además de expansinas (EXP), β -galactosidasa, α -arabinofuranosidasa y β -xilosidasa (Boquete *et al.*, 2004). Estudios recientes muestran que el 1-MCP disminuye la actividad de enzimas clorofilasas, manteniendo el color verde en el brócoli (Yuan *et al.*, 2010). La disminución de la degradación de clorofilas puede atribuirse a la inhibición de la expresión de los genes PAO (feoforbida oxigenasa), NYC (“nonyellow colorriing”), NOL (“NYC1-like”) y SGR1 (“stay green 1”), los cuales están estrechamente relacionados con la vía catabólica de las clorofilas (Cheng *et al.*, 2012).

El tratamiento con 1-MCP también puede modificar el desarrollo de podredumbres, aunque las respuestas son muy variables entre especies y condiciones de aplicación. Las podredumbres originadas por los hongos *Penicillium expansum*, *Alternaria* spp. y *Botrytis cinerea* son las más habituales en peras después de prolongados períodos de conservación frigorífica (Lafer, 2005). El 1-MCP reduce la incidencia de podredumbres asociadas a la senescencia de la fruta, y el efecto depende de las dosis utilizadas y el estado de madurez del fruto (Calvo, 2004). Se observó además que disminuyó el desarrollo de corazón acuoso en manzanas y el desarrollo de escaldadura superficial en peras (Mc Artney *et al.*; 2008, 2009; Watkins *et al.*, 2010; Villalobos-Acuña *et al.*, 2010). Los efectos de las aplicaciones de 1-MCP dependen de la concentración (Mc Artney *et al.* 2008) y del tiempo de aplicación antes de la cosecha (Varanasi *et al.*, 2013).

1.5 Aminoetoxivinilglicina (AVG)

El AVG es un aminoácido de origen natural análogo etoxi de la rizobitoxina que inhibe la biosíntesis de etileno al bloquear la acción de la enzima ACC sintasa mediante la unión al sustrato (fosfato de piridoxal: PLP) (Johnson y Colgan, 2003). La aplicación de AVG ha mostrado resultados favorables en la disminución de la caída de frutos y en el retraso de la maduración en frutales como manzano, durazno, nectarines y peral (Mc Glasson *et al.*, 2005; Hayama *et al.*, 2008; D'Aquino *et al.*, 2010; Salas *et al.*, 2011) con efectos diferenciales dependiendo del cultivar (Belding y Lokaj, 2002).

La aplicación de AVG puede realizarse en pre-cosecha (foliar y drench) y pos-cosecha (inmersión de los frutos). Las dosis para aplicaciones foliares se encuentran alrededor de 124 g ha⁻¹; 5-20 µM para aplicación en drench y 1 g L⁻¹ para inmersión de tejidos (Saltveit, 2005). A pesar de su eficacia, este compuesto es ineficiente cuando los productos agrícolas tienen contacto con el etileno del ambiente (Newman *et al.*, 1998).

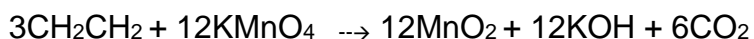
Los tratamientos pre-cosecha y pos-cosecha con AVG disminuyen la producción de etileno, la respiración, el ablandamiento, la degradación de clorofilas, la pérdida de peso, retrasando en general al proceso de maduración en frutos climatéricos y flores de corte (Hayama *et al.*, 2008; Seo *et al.*, 2009). Algunos estudios muestran que el AVG no afecta negativamente las características

organolépticas de los frutos, sin embargo, puede alterar el desarrollo de aromas, debido a la disminución del contenido de volátiles (Salas et al., 2011; Romani *et al.*, 1983). Además, el AVG puede disminuir algunos desordenes fisiológicos en los frutos, como el pardeamiento enzimático en pera (D'Aquino *et al.*, 2010), no obstante, otros reportes mencionan que el AVG puede agravar otros desordenes fisiológicos en frutos de manzana, como "Core flush" y "Breakdown" (Johnson y Colgan, 2003).

1.6 Permanganato de potasio (KMnO₄)

El Permanganato de potasio es un compuesto químico color violeta intenso formado por iones de potasio (K⁺) y permanganato (MnO₄⁻) utilizado como agente oxidante en laboratorios y en procesos industriales. En sitios donde se almacenan frutos, el permanganato de potasio se utiliza para oxidar el etileno atmosférico, disminuyendo sus niveles y en consecuencia el proceso de maduración (Sammi y Masud, 2007).

La reacción de oxidación consta de varios pasos en los cuales se producen compuestos intermedios como acetaldehído (CH₃CHO) y ácido acético (CH₃COOH). La oxidación completa del etileno tiene como producto el dióxido de carbono (CO₂) según la siguiente reacción:



El permanganato de potasio debe ser adsorbido a un vehículo o carrier para aumentar el área de contacto con el etileno dado que las únicas fuerzas que actúan para que este contacto ocurra son la difusión y la convección natural del aire en la atmósfera (Wills y Warton, 2004). Los carriers de menor densidad y mayor área superficial presentan más capacidad de adsorber permanganato de potasio y en consecuencia, mayor eficiencia en la reducción de los niveles de etileno (Kavanagh y Wade, 1987). Los carriers más utilizados son: zeolita, vermiculita y alúmina (Wills y Warton, 2004).

Existen numerosos estudios sobre el efecto del permanganato de potasio en la pos-cosecha no obstante los resultados dependen de la especie, del embalaje utilizado, del carrier y de las condiciones de humedad relativa y temperatura de almacenamiento (Bal y Celik, 2010).

1.7 Sales de plata

El ion plata (Ag^{2+}) es un fuerte inhibidor de la acción del etileno (Taiz y Zeiger, 2006). El ion Ag^{2+} reemplaza al Cu^{2+} necesario para la formación de los receptores ETR1 presentes en la membrana del retículo endoplasmático (Serek *et al.*, 2006), afectando en consecuencia la señalización del etileno y disminuyendo los procesos de maduración y senescencia (Knee, 1995).

1.8 Estado Actual del tema:

De acuerdo con el informe “Global food losses and food waste” (pérdidas y desperdicios de alimentos en el mundo) (FAO, 2011) los países industrializados y aquellos con menor desarrollo tecnológico desperdician 670 y 630 millones de toneladas de alimentos respectivamente, siendo a su vez las frutas y las hortalizas los alimentos con la tasa más alta de desaprovechamiento (Viñas *et al.*, 2013). En la actualidad se estima que hasta un tercio de los alimentos producidos se estropean o se desperdician antes de ser consumidos por las personas (FAO, 2017).

Los procesos de comercialización y distribución de productos frutihortícolas requieren de estrategias especiales como la refrigeración y el empleo de retardantes de la maduración para regular dicho proceso con la finalidad de proveer a los mercados de productos frescos de buena calidad e inocuos, reduciendo las pérdidas a través de la cadena de producción, almacenamiento y distribución.

Los retardantes de la maduración más utilizados en la actualidad son los inhibidores de la síntesis de etileno como la aminoetoxivinilglicina (AVG) y los inhibidores de la señalización (acción) del etileno como el 1-MCP.

El 1-MCP posee características que lo hacen muy seguro para la salud y el ambiente dado que su modo de acción no es tóxico, es efectivo en dosis extremadamente bajas (del orden de ppb), es químicamente similar a sustancias naturales y deja muy bajos residuos en los frutos luego del tratamiento (no más de 5 ppb) (Ku & Wills, 1999). La Agencia de Protección del Ambiente de USA (en inglés, Environmental Protection Agency; más conocida por las siglas EPA) clasifica al 1-MCP como un regulador del crecimiento, con un modo de acción inocuo para el ser humano. La formulación comercial del 1-MCP denominada HARVISTA™ pertenece a la clase toxicológica IV (OMS) (AgroFresh, 2015) al

igual que la formulación comercial de la aminoetoxivinilglicina (AVG), denominada ReTain®; cuya toxicidad aguda DL50/oral (rata): >5.000 mg/kg y DL50/dermal (rata): > 5.000 mg/kg. (SummitAgro, 2013).

Mediante el desarrollo de estas tecnologías se tiende a garantizar la calidad y la seguridad alimentaria, disminuyendo los riesgos para la salud del consumidor no solo en cuanto a los límites máximos de residuos se refiere (concentración máxima del residuo de un agroquímico resultante de su aplicación según una práctica agrícola correcta), si no también evitando el desarrollo de microorganismos como *Penicillium expansum* cuya micotoxina denominada patulina se puede encontrar como contaminante natural en peras y manzanas (Gimeno y Martin, 2011). Considerando el fuerte perfil exportador de la actividad frutícola de la Argentina, es necesario poner énfasis en preservar los frutos mediante el uso de tecnologías no agresivas para la salud humana y respetuosas del medio ambiente (Calvo y Kupferman, 2011).

2.0 Fundamentación del estudio propuesto.

Las tecnologías basadas en el uso de aminoetoxivinilglicina y 1-metilciclopropeno previo a la cosecha, son una valiosa herramienta para controlar los efectos negativos del etileno sobre la madurez de los frutos, prolongando el periodo de aptitud de cosecha y manteniendo su calidad organoléptica durante más tiempo. Si bien ambas tecnologías se emplean en la actualidad, no se han desarrollado estudios que permitan comparar sus efectos en los cultivos de la región.

El estudio se desarrollará específicamente en Williams, una variedad de ciclo corto cuyos frutos producen altas concentraciones de etileno sobre el final del periodo de cosecha lo cual conduce a la caída de la firmeza de la pulpa y a la pérdida del color verde, determinando que su periodo de aptitud de cosecha sea corto al igual que su vida en pos-cosecha.

3.0 Objetivos de trabajo

El objetivo del presente trabajo fue comparar la efectividad de las aplicaciones en pre-cosecha de aminoetoxivinilglicina y 1-MCP como reguladores del proceso de maduración en peras Williams y su incidencia en la calidad durante la vida en estante.

4.0 Materiales y Métodos

4.1 procedimientos en campo

El estudio se desarrolló en un cuadro de perales variedad Williams de 16 años de edad, con características edáficas, de riego y de manejo sanitario representativas del Alto Valle ubicado en la localidad de Allen, Río Negro, Argentina. El cuadro está conformado por 120 filas de 50 plantas de 4,5 m de altura conducidas en espaldera a 4 m entre filas y 2 m entre plantas. En función de sus dimensiones, se calculó el TRV (tree row volumen) y se calibraron los equipos pulverizadores a utilizar. Las aplicaciones se efectuaron con temperatura ambiente inferior a 30 °C, una humedad relativa mayor a 40 % y viento menor a 10 Km/h. El cuadro fue subdividido en 4 sectores de 30 filas, a los cuales se les asignaron al azar los siguientes tratamientos:

1) Aminoetoxivinilglicina (ReTain®)

La dosis aplicada fue de 830 gr/ha. La solución acuosa del producto se mantuvo a pH 6-8 mediante un buffer y se adicionó un adyuvante organosiliconado a razón de 0,05-0,1 % v/v para facilitar la adherencia sobre el cultivo. La aplicación se realizó según las recomendaciones de fabricante 4 semanas antes de la fecha tentativa de cosecha para la temporada en curso (12/12/2017). Para la aplicación del producto se utilizó una pulverizadora hidroneumática Jacto arbus-2000 modelo 2002 propulsada por un tractor Massey Ferguson MF 265 modelo 1994.

2) 1-metilciclopropeno (HvA1)

La dosis aplicada fue de 150 gr/ha, al inicio del periodo de aptitud de cosecha establecido por SENASA para la temporada (09/01/2018). Se utilizó una pulverizadora agrícola Turbo-Mist™ Model 19P traccionada por un cuatriciclo Polaris 550 (Fig.5).

3) 1-metilciclopropeno (HvA2)

La dosis aplicada fue de 150 gr/ha, a los 5 días posteriores al inicio del periodo de aptitud de cosecha establecido por SENASA para la temporada (15/01/2018), utilizado el mismo equipo pulverizador señalado para Harvista™ A1.

4) Testigo, sin aplicación de reguladores de madurez.



Fig.5. Equipo utilizado para la aplicación de los tratamientos HvA1 HvA2

Entre cada sector se mantuvieron 5 filas “buffer” sin aplicaciones de reguladores de la madurez para evitar contaminaciones entre tratamientos ocasionadas por la deriva del producto en el aire.

Los frutos para la evaluación de los tratamientos se colectaron en dos oportunidades durante el periodo de aptitud de cosecha de la variedad que se identificaron como momento 1 (20/01/2018) y momento 2 (25/01/2018) y que guardan una relación de 5 y 10 días en relación a la aplicación del tratamiento Hv A2 respectivamente. Para la toma de las muestras se recurrió a un muestreo aleatorio para montes en espaldera (Fig. 6) que consistió en recorrer en zigzag las filas, recolectando frutos de distintos árboles a distintas alturas.

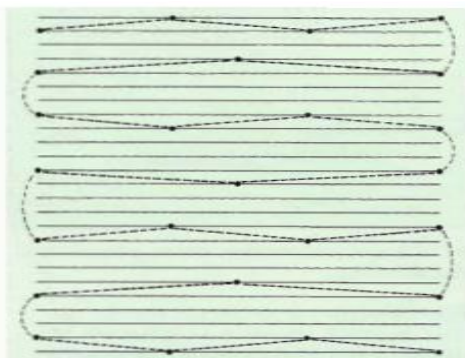


Fig. 6. Esquema del muestreo aleatorio empleado para la recolección de los frutos.

Se colectaron entre 200 y 250 frutos de cada tratamiento en ambos momentos de cosecha y se remitieron al laboratorio.

4.2 Procedimientos en laboratorio

De los frutos provenientes de campo, 150 fueron embalados empleando tres cajas de 19 Kg con bandejas de pulpa moldeada calibre 100 y bolsas de polietileno perforada de 85cm x 80cm x 25 μ m representando al proceso de embalado habitual por tratamiento. Posteriormente, las cajas fueron colocadas en una habitación a 20 °C con la finalidad de simular el proceso de maduración o vida en estante (shelf life =SL). De los frutos remanentes se seleccionaron 5 para la medición de etileno, observando cuidadosamente que presenten pedúnculo y que no exhiban heridas o daño por plagas, sol u otra condición que pueda afectar los resultados. Al inicio del ensayo (día 0) se seleccionó al azar una caja y se evaluó la firmeza de la pulpa y el color de 50 frutos. Del mismo modo se procedió con las restantes cajas a los días 7 y 14 de permanencia en estante. Por su parte los 5 frutos seleccionados para la medición de la TPE fueron numerados y rotulados según tratamiento/momento de cosecha y evaluados a los días 0, 7, 14 y 21 de permanencia en estante mediante cromatografía en fase gaseosa (GC). El esquema del muestreo de laboratorio se muestra en las tablas 1 y 2.

Tabla 1: Análisis de color y firmeza de pulpa.

Tratamiento	Momento 1			Momento 2			Frutos
	D0	D7	D14	D0	D7	D14	Totales
Testigo	50	50	50	50	50	50	300
ReTain®	50	50	50	50	50	50	300
HvA1	50	50	50	50	50	50	300
Hv A2	50	50	50	50	50	50	300
							1200

Tabla 2: Medición de etileno por método GC

Tratamiento	Momento 1	Momento 2	Frutos
	D0-D7-D14-D21	D0-D7-D14-D21	Totales
Testigo	5	5	10
ReTain®	5	5	10
HvA1	5	5	10
HvA2	5	5	10
			40

La firmeza de la pulpa se midió con un penetrómetro electrónico Fruit texture Analyser GÜSS (Fig.7), que mide la firmeza y remite los resultados a un procesador, facilitando el procesamiento de los datos y evitando la variabilidad debida al uso de instrumental manual por parte de distintos operarios. Las mediciones se realizan a profundidades y velocidades de penetración constantes y los resultados obtenidos se expresaron en lb_f/in^2 .



Fig.7. Penetrómetro electrónico GÜSS

El color de la epidermis del fruto se determinó mediante la comparación con la carta de color para pera Williams (Fig.8) desarrollada por el área de Pos-cosecha del INTA Alto Valle.

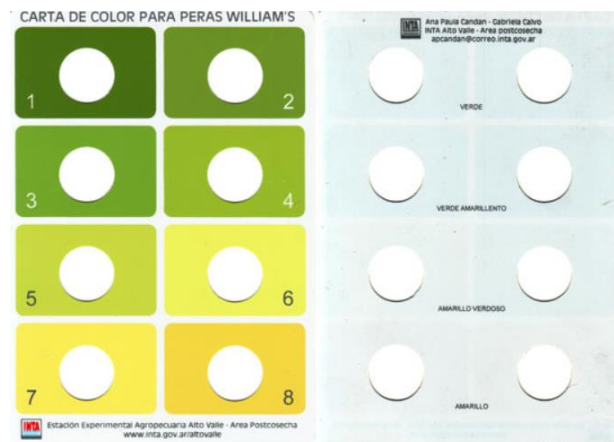


Fig.8 Carta de color de pera Williams

La tasa de producción de etileno se determinó por método GC (cromatografía de gases) con un cromatógrafo Agilent 7820 (Fig. 9). La medición se realizó a los días 0, 7, 14 y se prolongó hasta el día 21 para visualizar la caída de la curva de etileno propia de la senescencia. Previo a la medición, los frutos se mantuvieron encerrados durante 90' en frascos de 1,5 l con cierre hermético con la finalidad de que el etileno que emite el fruto quede alojado en el interior. Luego del periodo de confinamiento, se evacuó 1 ml de aire del espacio entre el fruto y la tapa con una jeringa. La muestra se inyectó en el cromatógrafo donde se midió la

concentración de etileno de la muestra. Posteriormente, se relacionó la cantidad de etileno producido con el peso del fruto y con el tiempo de encierro. La tasa de producción de etileno se expresó como $\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{Kg h}$.



Fig.9 Frutos en confinamiento y cromatógrafo de fase gaseosa

4.3 Análisis estadístico de los resultados

Se utilizó un diseño factorial con tres factores (tratamiento, momento de cosecha y días de vida en estante) con interacciones dobles y triples para el análisis de las variables firmeza de pulpa y color. Se realizó un ANOVA y un test DGC para establecer diferencias significativas entre los tratamientos, se verificaron los supuestos del modelo: Normalidad de residuos, independencia de los residuos y homocedasticidad. La normalidad de los residuos se verificó a partir del gráfico Q-Q plot y de la prueba de la normalidad. En cuanto a la independencia de los residuos, la aleatoriedad de los residuales se garantizó asignando los tratamientos al azar. La homocedasticidad se verificó a través del gráfico de dispersión, residuos observados vs predichos.

Para la evaluación de los datos de etileno, se empleó un modelo lineal general mixto. El software estadístico utilizado fue Infostat/Estudiantil versión 2018e, actualización 24/04/2018 con interface en R.

5.0 Resultados

5.1 Análisis de la Firmeza

A continuación (tablas 3 a 7), se presentan los resultados del ANOVA sobre la variable firmeza de pulpa en frutos de pera Williams para los distintos tratamientos, momentos de cosecha y vida en estante.

Tabla 3. Análisis de la varianza para la variable firmeza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Firmeza	1200	0,88	0,88	20,02	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	49680,53	23	2160,02	384,68	<0,0001
Momento	1082,91	1	1082,91	192,86	<0,0001
Tratamiento	7308,17	3	2436,06	433,84	<0,0001
Días de SL	38159,3	2	19079,65	3397,92	<0,0001
Momento*Tratamiento	54,36	3	18,12	3,23	0,0218
Momento*Días de SL	794,92	2	397,46	70,78	<0,0001
Tratamiento*Días de SL	1601,04	6	266,84	47,52	<0,0001
Momento*Tratamiento*Días d..	679,83	6	113,3	20,18	<0,0001
Error	6603,36	1176	5,62		
Total	56283,88	1199			

Dados los valores del P-valor ($p < 0,05$) en la tabla anterior podemos decir que hay efecto de las variables Momento, Tratamiento, Días de SL como así también de las interacciones dobles y triples entre ellas.

Momento: Cosecha 1

Tabla 4. Análisis de la varianza para la variable firmeza de pulpa en el momento de cosecha 1

Momento	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cosecha 1	Firmeza	600	0,86	0,86	19,54
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	22627,44	11	2057,04	329,32	<0,0001
Tratamiento	3629,27	3	1209,76	193,68	<0,0001
Días de SL	18202,24	2	9101,12	1457,04	<0,0001
Tratamiento*Días de SL	795,93	6	132,66	21,24	<0,0001
Error	3672,83	588	6,25		
Total	26300,27	599			

Al evaluar el momento cosecha 1, en particular podemos observar que hay efecto de las variables Tratamiento, Días de SL y de la interacción Tratamiento*Días de SL ya que el $p < 0,05$.

Tabla 5. Test: DGC para la combinación tratamiento y días de SL para el momento: cosecha 1

Días de SL	Tratamiento	Medias	n	E.E.							
D0	Hv A2	20,08	50	0,35	A						
D7	Hv A2	20,03	50	0,35	A						
D0	Hv A1	18,59	50	0,35		B					
D0	Retain	17,94	50	0,35			C				
D0	Testigo	16,58	50	0,35			C				
D7	Hv A1	14,49	50	0,35				D			
D7	Testigo	13,77	50	0,35				D			
D7	Retain	10,9	50	0,35					E		
D14	Hv A2	10,16	50	0,35					E		
D14	Hv A1	5,66	50	0,35						F	
D14	Retain	3,05	50	0,35							G
D14	Testigo	2,19	50	0,35							G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), Alfa=0,05
PCALT=1,0296 Error: 6,2463 gl: 588.

Al día D0 la firmeza de la pulpa obtenida con el tratamiento HvA2, resultó significativamente mayor que los restantes tratamientos. Los tratamientos Retain y Testigo no mostraron diferencias significativas.

Al día D7, el tratamiento HvA2, condujo a valores de firmeza significativamente superiores mientras que el tratamiento Retain presentó índices más bajos que HvA1 y testigo.

Al día 14 los valores de firmeza de pulpa del tratamiento HvA2 resultaron mayores a los del tratamiento HvA1 y estos a su vez superaron a los tratamientos Retain y Testigo.

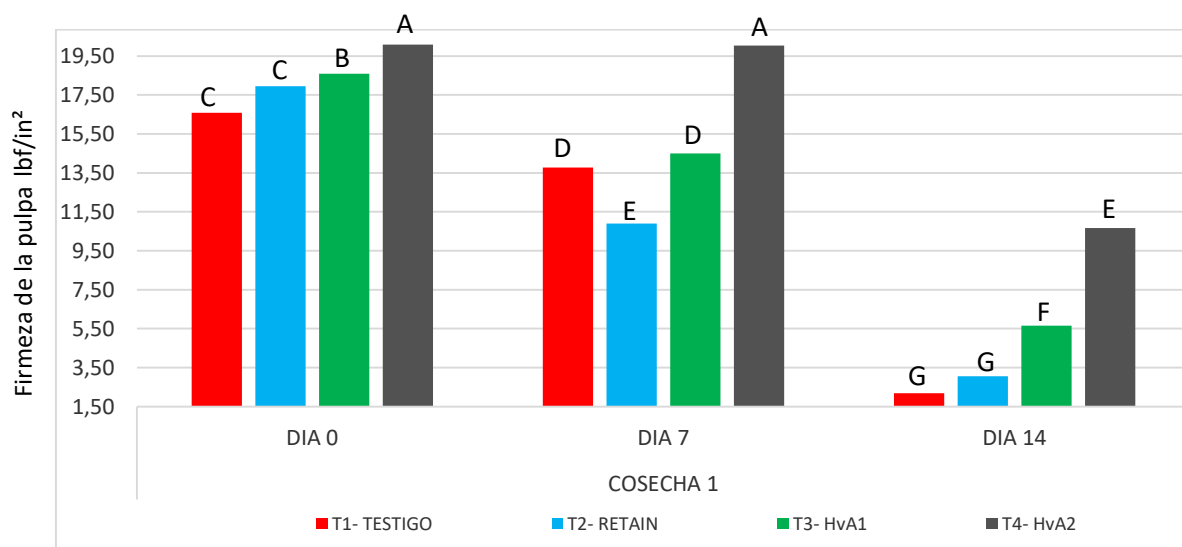


Fig.10. Gráfico de firmeza de la pulpa vs días de vida en estante Cosecha 1

Momento: Cosecha 2

Tabla 6. Análisis de la varianza para la variable firmeza de pulpa en el momento de cosecha 2

Momento	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cosecha 2	Firmeza	600	0,9	0,9	20,5
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	25970,18	11	2360,93	473,71	<0,0001
Tratamiento	3733,26	3	1244,42	249,69	<0,0001
Días de SL	20751,99	2	10375,99	2081,91	<0,0001
Tratamiento*Días de SL	1484,93	6	247,49	49,66	<0,0001
Error	2930,53	588	4,98		
Total	28900,71	599			

Al analizar el momento, cosecha 2 podemos visualizar que hay efecto Tratamiento, Días de SL y de la interacción Tratamiento*Días de SL ya que el p-valor es <0,05

Tabla 7. Test: DGC para la combinación tratamiento y días de SL para el momento: cosecha 2

Días de SL	Tratamiento	Medias	n	E.E.									
D0	Hv A2	19,6	50	0,32	A								
D0	Hv A1	18,57	50	0,32		B							
D0	Retain	17,92	50	0,32		B							
D0	Testigo	16,57	50	0,32			C						
D7	Hv A2	15,08	50	0,32				D					
D7	Hv A1	13,61	50	0,32					E				
D14	Hv A2	9,62	50	0,32						F			
D7	Retain	7,68	50	0,32							G		
D7	Testigo	6,58	50	0,32								H	
D14	Retain	1,94	50	0,32									I
D14	Hv A1	1,77	50	0,32									I
D14	Testigo	1,72	50	0,32									I

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), $\alpha=0,05$
PCALT=0,9197 Error: 4,9839 gl: 588.

Al día D0, la firmeza de pulpa del tratamiento HvA2, resultó significativamente superior que los restantes tratamientos de igual manera que en el momento de cosecha 1. Por su parte, el testigo presentó valores significativamente inferiores de firmeza mientras que en los tratamientos Retain y HvA1 no se apreciaron diferencias.

Al día 7 las firmezas de pulpa de los cuatro tratamientos resultaron significativamente diferentes, siendo HvA2 superior a HvA1, luego Retain y finalmente Testigo.

Al día 14, la firmeza de la pulpa de HvA2 resultó significativamente superior al resto de los tratamientos, los cuales no presentaron diferencias significativas entre sí.

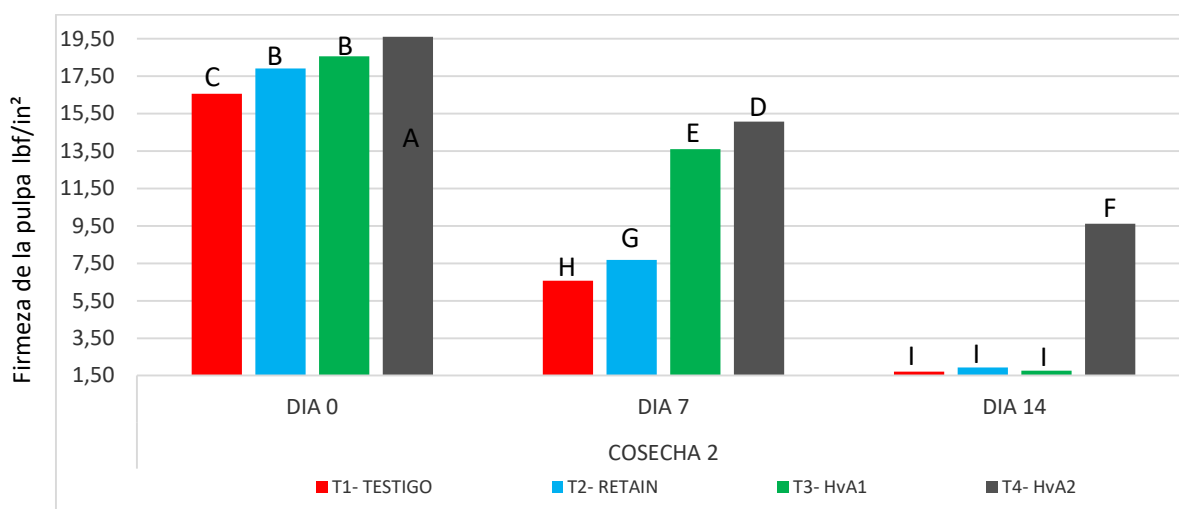


Fig. 11. Gráfico firmeza de pulpa vs días de vida en estante, cosecha 2.

Para los momentos cosecha 1 y cosecha 2 el tratamiento HvA2 se mantuvo con valores de firmeza de pulpa significativamente superiores al resto de los tratamientos desde el día 0 hasta el d 14 de vida en estante.

5.2 Análisis del Color

A continuación (tablas 8 a 12), se presentan los resultados del ANOVA sobre la variable color en frutos de pera Williams para los distintos tratamientos, momentos de cosecha y vida en estante.

Tabla 8. Análisis de la varianza de la variable color

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Color	1200	0,84	0,83	10,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1761,42	23	76,58	262,01	<0,0001
Tratamiento	232,7	3	77,57	265,37	<0,0001
Días de SL	1202,67	2	601,34	2057,28	<0,0001
Momento	49,21	1	49,21	168,35	<0,0001
Tratamiento*Días de SL	185,05	6	30,84	105,52	<0,0001
Tratamiento*Momento	13,9	3	4,63	15,85	<0,0001
Días de SL*Momento	43,29	2	21,65	74,06	<0,0001
Tratamiento*Días de SL*Mom..	34,59	6	5,77	19,72	<0,0001
Error	343,74	1176	0,29		
Total	2105,16	1199			

De la tabla anterior podemos concluir que existe efecto Tratamiento, Días de SL, Momento como así también de las interacciones dobles y triples debido al p -valor $<0,05$.

Momento: Cosecha 1

Tabla 9. Análisis de la varianza para la variable color en el momento de cosecha 1

Momento	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cosecha 1	Color	600	0,83	0,83	11,14
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	825,27	11	75,02	258,4	<0,0001
Tratamiento	103,69	3	34,56	119,04	<0,0001
Días de SL	631,06	2	315,53	1086,77	<0,0001
Tratamiento*Días de SL	90,52	6	15,09	51,96	<0,0001
Error	170,72	588	0,29		
Total	995,99	599			

Al analizar el momento cosecha 1, en particular se observó que hay efecto Tratamiento, Días de SL y de la interacción Tratamiento*Días de SL debido a $p<0,05$.

Tabla 10. Test: DGC para la combinación tratamiento y días de SL para el momento: cosecha 1

Días de SL	Tratamiento	Medias	n	E.E.					
D0	Hv A2	3,74	50	0,08	A				
D0	Hv A1	3,88	50	0,08	A				
D7	Hv A2	3,9	50	0,08	A				
D0	Retain	3,92	50	0,08	A				
D0	Testigo	3,92	50	0,08	A				
D7	Hv A1	4,48	50	0,08		B			
D7	Retain	4,5	50	0,08		B			
D7	Testigo	4,68	50	0,08		B			
D14	Hv A2	5,12	50	0,08			C		
D14	Hv A1	5,54	50	0,08				D	
D14	Testigo	7,12	50	0,08					E
D14	Retain	7,24	50	0,08					E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), $\alpha=0,05$
PCALT=0,2220 Error: 0,2903 gl: 588.

Al D0 de vida en estante los frutos presentaron coloración verde amarillento (entre 3 y 4) en todos los tratamientos. Al D7, solo el tratamiento HvA2 mantuvo la coloración de los frutos sin diferencias significativas respecto del D0 mientras que el resto de los tratamientos presentaron coloración significativamente diferente.

Al día 14 el color de los frutos de los tratamientos HvA2 y HvA1 presentaron coloración diferente, aunque en ambos casos se mantuvieron dentro del rango amarillo verdoso (5 a 6) mientras que el color de los frutos de los tratamientos Testigo y Retain resultó en el rango de color amarillo (7 a 8) en ambos casos.

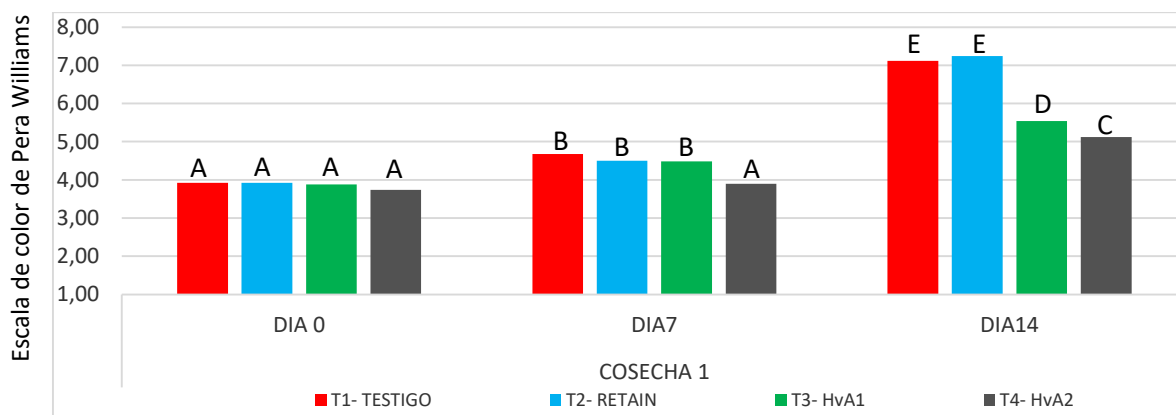


Fig. 12. Gráfico: Escala de color de pera Williams vs días de vida en estante Cosecha 1

Momento: Cosecha 2

Tabla 11. Análisis de la varianza para la variable color en el momento de cosecha 2

Momento	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cosecha 2	Color	600	0,84	0,83	10,35
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	886,94	11	80,63	274,02	<0,0001
Tratamiento	142,91	3	47,64	161,89	<0,0001
Días de SL	614,9	2	307,45	1044,86	<0,0001
Tratamiento*Días de SL	129,12	6	21,52	73,14	<0,0001
Error	173,02	588	0,29		
Total	1059,96	599			

Al analizar el momento cosecha 2, en particular podemos observar que hay efecto Tratamiento, Días de SL y de la interacción Tratamiento*Días de SL debido a $p < 0,05$.

Tabla 7. Test: DGC para la combinación tratamiento y días de SL para el momento: cosecha 2

Días de SL	Tratamiento	Medias	n	E.E.							
D0	Testigo	3,92	50	0,08	A						
D0	Retain	3,92	50	0,08	A						
D0	Hv A1	3,98	50	0,08	A						
D0	Hv A2	4,02	50	0,08	A						
D7	Hv A2	4,32	50	0,08		B					
D7	Retain	4,94	50	0,08			C				
D7	Hv A1	5,34	50	0,08				D			
D14	Hv A2	5,46	50	0,08				D			
D14	Hv A1	5,92	50	0,08					E		
D7	Testigo	6,72	50	0,08						F	
D14	Retain	7,14	50	0,08							G
D14	Testigo	7,22	50	0,08							G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), $\alpha=0,05$
 PCALT=0,2235 Error: 0,2943 gl: 588.

De modo similar a lo observado para el momento cosecha 1, los frutos presentaron coloración verde amarillento (entre 3 y 4) en todos los tratamientos al D0 de vida en estante. Al D7, todos los tratamientos exhibieron diferencias significativas en el color, presentando los frutos del tratamiento HvA2 una coloración en torno al verde amarillento mientras que el testigo presentó coloración amarillo verdoso. Al día 14 el color de los frutos de los tratamientos HvA2 y HvA1 presentaron coloración diferente, aunque en ambos casos se mantuvieron dentro del rango amarillo verdoso (5 a 6) mientras que el color de los frutos de los tratamientos testigo y Retain resultó en el rango de color amarillo (7 a 8) en ambos casos.

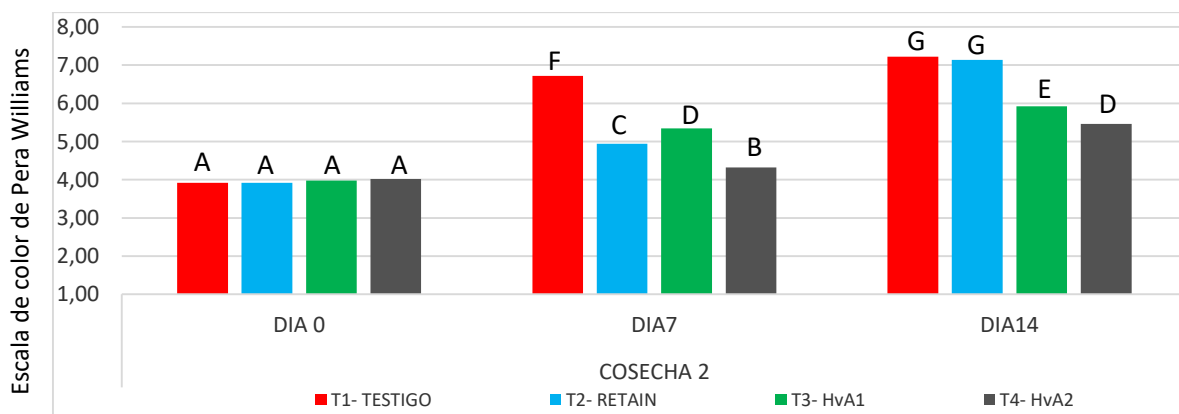


Fig.13. Gráfico escala de color de pera Williams vs días de vida en estante, cosecha 2.

5.3 Análisis de Etileno:

Al realizar el presente análisis, se consideraron las variables tratamiento, momento y la variable tratamiento-momento, resultante de la combinación entre ambas.

Al día 0 de vida en estante los frutos no generaron etileno suficiente para alcanzar el nivel detectable, motivo por el cual la tasa de producción de etileno (TPE) resultó igual a cero para todos los tratamientos, tanto en el momento de cosecha 1 como en el momento de cosecha 2.

Al día 7, únicamente los tratamientos Testigo y Retain del momento de cosecha 1, generaron etileno sobre el nivel detectable (1 ppm). Al comparar los valores medios de tasa de producción de etileno, no se hallaron diferencias significativas. y en el caso del momento de cosecha 2 solo el tratamiento testigo produjo etileno sobre el nivel detectable.

Al día 14, los tratamientos generaron etileno sobre el nivel detectable para ser analizados en el momento de cosecha 1 así como en el momento de cosecha 2 (tabla 13).

Tabla 13. Medidas de ajuste del modelo para la variable dependiente TPE

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
40	274,79	287,99	-128,4	10,94	0,74

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	216,68	<0,0001
Tratamiento	3	11,42	<0,0001
Momento	1	37,98	<0,0001
Tratamiento*Momento	3	5,86	0,0026

De la tabla anterior podemos concluir que hay efecto de los factores: tratamiento, momento y de la interacción tratamiento*momento y por lo tanto las diferencias son significativas debido a que el p-value es <0.05.

Tabla 14. Test: DGC para la variable TPE del factor tratamientos

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Hv A2	7,96	10	3,46	A	
Testigo	30,34	10	3,46		B
Hv A1	31,32	10	3,46		B
Retain	32,22	10	3,46		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), $\alpha=0,05$
PCALT=10,4049 Error: 119,6526 gl: 32.

El tratamiento HvA2 produjo niveles de TPE significativamente inferiores al resto de los tratamientos.

Tabla15 Test: DGC de la variable dependiente TPE para el factor momento

Momento	Medias	n	E.E.		
Cosecha 1	14,8	20	2,45	A	
Cosecha 2	36,12	20	2,45		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), $\alpha=0,05$
PCALT=7,0025 Error: 119,6526 gl: 32

El test DGC realizado muestra que la tasa de producción de etileno para el momento cosecha 1 es significativamente diferente al momento cosecha 2.

Tabla 16. Test: DGC de la variable dependiente TPE para la interacción Momento de cosecha y tratamiento.

MomentoTratamiento	Medias	n	E.E.		
Cosecha 2_Hv A2	6,23	5	4,89	A	
Cosecha 1_Hv A2	9,69	5	4,89	A	
Cosecha 1_Hv A1	14,94	5	4,89	A	
Cosecha 1_Retain	17,21	5	4,89	A	
Cosecha 1_Testigo	17,35	5	4,89	A	
Cosecha 2_Testigo	43,32	5	4,89		B
Cosecha 2_Retain	47,22	5	4,89		B
Cosecha 2_Hv A1	47,7	5	4,89		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), $\alpha=0,05$ gl: 32.

Según el test DGC correspondiente a la interacción Momento*Tratamiento es posible concluir que en el momento cosecha 1 no hay diferencias significativas entre los tratamientos, mientras que en el momento cosecha 2 el tratamiento HvA2, la tasa de producción de etileno es significativamente inferior respecto del resto de los tratamientos (Testigo, Retain, HvA1).

Al día 21 al igual que al día 14, los tratamientos generaron etileno sobre el nivel detectable para ser analizados (tabla 17).

Tabla 17. Medidas de ajuste del modelo para la variable dependiente TPE

Días de SL	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
D21	TPE	40	0,37	0,23	25,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1681,24	7	240,18	2,68	0,0266
Tratamiento	68,89	3	22,96	0,26	0,8564
Momento	1524,98	1	1524,98	17,01	0,0002
Momento_Tratamiento	87,37	3	29,12	0,32	0,8074
Error	2868,92	32	89,65		
Total	4550,16	39			

Como podemos ver en la tabla no hay efecto de la variable tratamiento ni de su interacción con la variable momento, pero si hay efecto de la variable momento ya que el $p < 0,05$.

Tabla 18 Test: DGC de las medias de TPE al día 21 para los momentos de cosecha 1 y 2

Momento	Medias	n	E.E.		
Cosecha 1	30,94	20	2,12	A	
Cosecha 2	43,29	20	2,12		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), alfa = 0,05 gl: 32.

El Test DGC realizado muestra que la tasa de producción de etileno del momento cosecha 1 es significativamente inferior al momento de cosecha 2.

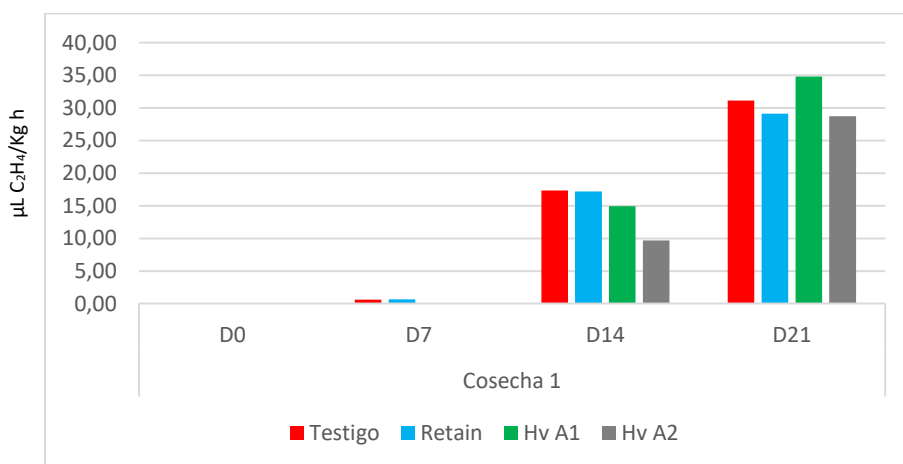


Fig.14. Gráfico de la tasa de producción de etileno vs días de vida en estante al momento cosecha 1.

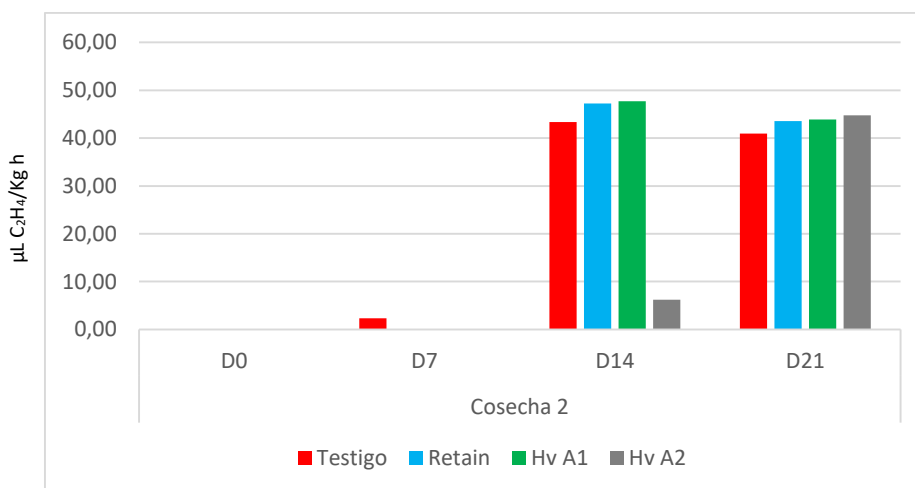


Fig. 15. Gráfico de la tasa de producción de etileno vs días de vida en estante al momento cosecha 2

6.0 Conclusiones:

El tratamiento HvA2 presentó valores significativamente superiores de firmeza de pulpa en los momentos cosecha 1 y cosecha 2 a los días 0, 7 y 14 de vida en estante.

En cuanto al análisis de color se refiere podemos concluir que, si bien hay diferencias significativas entre los momentos de cosecha, ambos siguen el mismo patrón: al D0 no hay diferencias significativas entre los tratamientos mientras que al D7 y al D14 de vida en estante, los frutos del tratamiento HvA2 mantuvieron una coloración más verde que el resto de los tratamientos.

La tasa de producción de etileno estuvo condicionada al momento de cosecha, resultando significativamente inferior para la cosecha 1. Al día 14 de vida en estante se pudo comprobar que con el tratamiento HvA2 se logró una tasa de emisión de etileno significativamente inferior al resto de los tratamientos.

Este trabajo aportó nuevos conocimientos acerca de la efectividad de las aplicaciones en pre-cosecha del AVG y del 1-mcp en pera Williams. El hallazgo de los mismos permitió determinar que el tratamiento con 1mcp más próximo a la fecha de cosecha (HvA2) logró un mayor retraso del proceso de madurez en comparación con los otros tratamientos para ambos momentos de cosecha, siendo recomendable evaluar a futuro el efecto de las aplicaciones en pre cosecha de retardantes de la madurez en otras variedades de peras como Pakcham's Triumph y Beurré D'Anjou a fines de mejorar la vida en estante y sus perspectivas comerciales.

7.0 Bibliografía

Agilent Technologies Inc. 2011. Agilent 7820A Cromatógrafo de gases, guía de funcionamiento. Tercera edición. Agilent Technologies, China 66 pp.

AgroFresh. 2015. Safety datasheet. HARVISTA™ AF-701/3 GAL PAIL. Ago fresh Inc. 400 Arcola road Collegeville PA 19426-2914 Unites States.11p.

Arora, A. 2008. Biochemistry of flower senescence pp.51-85. En: Paliyath, G., D. Muur, A. Handa y S. Lurie (eds.). Postharvest Biology ant technology of fruits, vegetables and flowers. Wiley-Blackwell Publishing, New Delhi, India.

Bal, E. y S. Celik. 2010. The effects of postharvest treatments of salicylic acid and potassium permanganate on the storage of kiwifruit. *Bulg. J. Agric. Sci.* 16(5), 576-584.

Bapat, V.A., P.K. Trivedi, A. Ghosh, V.A. Sane, T.R. Ganapathi y P. Nath. 2010. Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnol. Adv.* 28, 94-107.

Barry, C. y J. Giovannoni. 2007. Ethylene and fruit ripening. *J. Plant. Growth. Regul.* 26, 143-159.

Belding, R. y G. Lokaj. 2002. Aminoethoxyvinylglycine treatment of peach fruit reduces ethylene production and softening. *HortScience* 37, 1065-1068.

Benítez, 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.

Benítez, C E., G. Calvo y A. P. Ricca. 2004. Characteristics and control on harvest and Postharvest disorders in apples and pears. Chapter 4: 55-114. Volume: Diseases and disorders of fruits and vegetables. Ed. En la obra: Crop Management and Postharvest Handling of Horticultural Products. Science Publishers, Inc. 333 p.

Benítez, C. E.; Castro, H.; Ricca, A.; Vaudaga, S. (eds.). 2005. Peras y Manzanas: Factores que Afectan la Calidad de los Frutos, 1a Edición. Ed. INTA. Buenos Aires, Argentina. 396 pp.

Binder, B. 2008. The ethylene receptors: complex perception for a simple gas. *Plant Sci.* 175, 8-17.

Blankenship, S. y J. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharv. Biol. Technol.* 28, 1-25.

Boquete, E., G. Trincherro, A. Fraschina, F. Vilella y G. Sozzli. 2004. Ripening of 'Hayward' kiwifruit treated with 1-methylcyclopropene after cold storage. *Postharv. Biol Technol.* 32, 57-65.

Buchamna, B. B., Gruissem, W., Jones, R.L. 2000. Biochemistry and molecular biology of plants. *Am Soc. Plant, Phys.* Rockville, U.S.A.

Calvo, G. 2004. Efecto del 1-metilcicloproeno (1-MCP) en peras cv. Williams cosechadas con dos estados de madurez. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*.INTA, Argentina. Vol. 33-Nº 2 pp. 3-25.

Calvo, G. y Kupferman, E. 2011. Current DPA and ethoxyquin situation and alternatives to superficial scald control in apples and pears. Proc. 4th International Conference Postharvest Unlimited. *Acta Horticulturae* 945, 51-54.

Cameron, A. y M. Reid. 2001. 1-MCP blocks ethyleneinduced petal abscission of *Pelargonium peltatum* but the effect is transient. *Postharv. Biol. Technol.* 22, 169-177.

Cerqueira, T., A. Jacomino, F. Sasaki y L. Amorim. 2009. Controle do amadurecimento de goiabas 'Kumagai' tratadas com 1-metilciclopropeno. *Rev. Bras. Frutic.* 31(3), 687-692.

Cheng, Y., Y. Dong, H. Yan, W. Ge, C. Shen, J. Guan, L. Liu y Y. Zhang. 2012. Effects of 1-MCP on chlorophyll degradation pathway-associated genes expression and chloroplast ultrastructure during the peel yellowing of Chinese pear fruits in storage. *Food Chem.* 135(2), 415-422.

Chen, Y., N. Etheridge y E. Schaler. 2005. Ethylene signal transduction. *Ann. Bot.* 95, 901-915.

Choi, S., P. Tsouvaltzis, C. Lim y D.J. Hubert. 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. *Postharv. Biol. Technol.* 48, 206-214.

D'Aquino, S., M. Schirra, M. Molinu, M. Tedde y A. Palma. 2010. Preharvest aminoethoxyvinylglycine treatments reduce internal browning and prolong the shelf-life of early ripening pears. *Sci. Hortic.* 125, 353-360.

Dou, H., S. Jones y M. Ritenour. 2005. Influence of 1-MCP application and concentration on post-harvest peel disorders and incidence of decay in citrus fruit. *J. Hort. Sci.* 80(7), 86-92.

FAO. 2017. disponible en: <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/es>.
[Última visita01/12/2017](#).

Giajetto, A. y Villareal, P. 2010. Cap. I en Pera Williams. Manual para el productor y el emparador INTA Alto Valle 165 pp.

Gimeno, A. y Martin, M. L. 2011. Micotoxinas y Micotoxicosis en Animales y Humanos 3º edición. Special Nutrients, Inc. 2766 SW Douglas Road, Miami, FL 33133 USA. 130 pp.

Gomilla, T., 2013 Producción de etileno y evolución de la madurez de la pera Williams. Comparación entre temporadas y comportamiento de la maduración de la temporada 2013. Boletín de Madurez Marzo - 2013 EEA Alto Valle. 8pp.

Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U. van Otterdijk, R. y Meybeck A. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. FAO Rome, Italy 2011.

Hayama, H., M. Tatsuki y Y. Nakamura. 2008. Combined treatment of aminoethoxyvinylglycine (AVG) and 1-methylcyclopropene (1-MCP) reduces melting-flesh peach fruit softening. *Postharv. Biol. Technol.* 50, 228-230.

Hubert, D. 2008. Suppression of ethylene responses 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.

In, B.C., J. Strablea, B.M. Binder, T.G. Falbel y S.E. Patterson. 2013. Morphological and molecular characterization of ethylene binding inhibition in carnations. *Postharv. Biol. Technol.* 86, 272–279.

Jiang, Y. y J. Fu. 2000. Ethylene regulation of fruit ripening: Molecular aspects. *Plant. Growth Regul.* 30, 193-200.

Johnson, D. y R. Colgan. 2003. Low ethylene controlled atmosphere induces adverse effects on the quality of 'Cox's Orange Pippin' apples treated with aminoethoxyvinylglycine during fruit development. *Postharv. Biol. Technol.* 27, 59-68.

Kavanagh, E. y N. Wade. 1987. Role of the carrier in the removal of ethylene by permanganate from storage atmospheres. *ASEAN Food J.* 3, 128-134.

Kesari, R., P. Trivedi y P. Nath. 2007. Ethylene-induced ripening in banana evokes expression of defense and stress related genes in fruit tissue. *Postharv. Biol. Technol.* 46, 136-143.

Khan, A. y Z. Singh. 2007. 1-MCP regulates ethylene biosynthesis and fruit softening during ripening of 'Tegan Blue' plum. *Postharv. Biol. Technol.* 43, 298-306.

Knee, M. 1995. Copper reverses silver inhibition of flower senescence in *Petunia hybrida*. *Postharv. Biol. Technol.* 6, 121-128.

Ku, V.V.V., & Wills, R.B.H. 1999. Effect of 1-Methylcyclopropene on storage life of broccoli. *Postharvest Biology and Technology* 17, pp. 127-132.

Lohani, S., P. Trivedi y P. Nath. 2004. Changes in activities of cell wall hydrolases during ethylene-induced ripening in banana: effect of 1-MCP, ABA and IAA. *Postharv. Biol. Technol.* 31, 119-26.

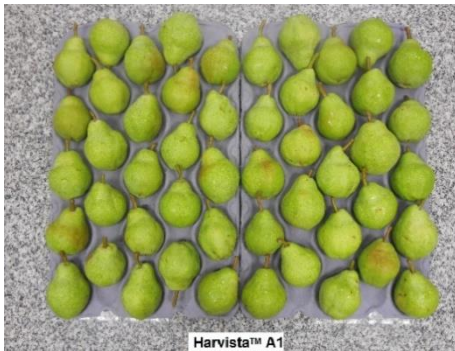
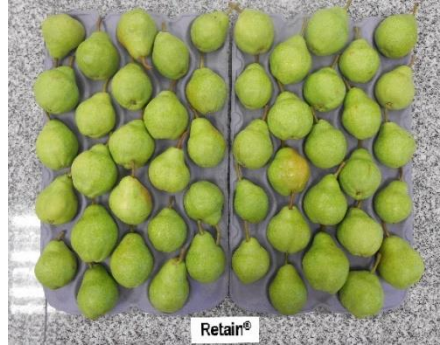
- Ma, G., R. Wang, C. Wang, M. Kato, K. Yamawaki, F. Qin y H. Xu. 2009. Effect of 1-methylcyclopropene on expression of genes for ethylene biosynthesis enzymes and ethylene receptors in post-harvest broccoli. *Plant Growth. Regul.* 57, 223-232.
- McArtney S.J., Obermiller J.D., Schupp J.R., Parker M.L., Edgington T.B. 2008. Preharvest 1-methylcyclopropene delays fruit maturity and reduces softening and superficial scald of apples during long- K. Jeziorek et al.
- McGlasson, W., A. Rath y L. Legendre. 2005. Preharvest application of aminoethoxyvinylglycine (AVG) modifies harvest maturity and cool storage life of 'Arctic Snow' nectarines. *Postharv. Biol. Technol.* 36, 93-102.
- Montaldi, E.R. 1995. *Principios de Fisiología Vegetal*. Ediciones Sur. La Plata, Argentina. 298 pp.
- Newman. J., L. Dodge y M. Reid. 1998. Evaluation of ethylene inhibitors for postharvest treatment of *Gypsophila paniculata*. *HortTechnol.* 8(1), 58-63.
- Romani, R., J. Labavith, T. Yamashita, B. Hess y H. Rae. 1983. Preharvest AVG treatment of 'Bartlett' pear fruits: effects on ripening, color change, and volatiles. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108, 1046-1049.
- Salas, N., F. Molina-Corral, G. González-Aguilar, A. Otero, D. Sepúlveda y G. Olivas. 2011. Volatile production by 'Golden Delicious' apples is affected by preharvest application of aminoethoxyvinylglycine. *Sci. Hortic.* 130, 436-444.
- Saltveit, M. 2005. Aminoethoxyvinylglycine (AVG) reduces ethylene and protein biosynthesis in excised discs of mature-green tomato pericarp tissue. *Postharv. Biol. Technol.* 35, 183-190.
- Sammi, S. y T. Masud. 2007. Effect of different packaging systems on storage life and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* var. Rio Grande) during different ripening stages. *J. Food Safety* 9, 37-44.
- Serek, M., E.J. Woltering, E.C. Sisler, S. Frello y S. Sriskandarajah. 2006. Controlling ethylene responses in flowers at the receptor level. *Biotechnol. Adv.* 24, 368-381.
- Seo, S., S. Kang, I. Shim, W. Kim y S. Fujihara. 2009. Effects of various chemical agents and early ethylene production on floral senescence of *Hibiscus syriacus*. *Plant Growth Regul.* 57, 251-25
- SummitAgro Argentina S.A. 2013. RETAIN® Hoja de datos de seguridad Versión: 1.0. Carlos Pellegrini, Piso 8 C1009ABO, Bs. As. Argentina. 6p.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2006. *Plant physiology*. 4a ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

- Varanasi, V., S. Shin, F. Johnson, J. Mattheis y Y. Zhu. 2013. Differential suppression of ethylene biosynthesis and receptor genes in 'Golden Delicious' apple by preharvest and postharvest 1-MCP treatments. *J. Plant. Growth Regul.* 32, 585-595.
- Villalobos-Acuña, M. G. William V. Biasi, Sylvia Flores, and Elizabeth J. Mitcham¹2010. Preharvest Application of 1-Methylcyclopropene Influences Fruit Drop and Storage Potential of 'Bartlett'. *Hort Science* 45(4):610-616.
- Viñas, I. Recasens, I., Usall, J. & Graell, J. (coord.). 2013. Poscosecha de pera, manzana y melocotón. Mundi-Prensa, 335 pp.
- Wang, K.C-L, Li, H. Ecker, J.R. 2002. Ethylene biosynthesis and signaling networks. *Plant Cell (Supplement)* 131-151.
- Watkins, C. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnol. Adv.* 24, 389-409.
- Wills, R. y M. Warton. 2004. Efficacy of potassium permanganate impregnated into alumina beads to reduce atmospheric ethylene. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129(3), 433-438.
- Yuan, G., B. Sun, J. Yuan y M. Wang. 2010. Effect of 1-methylcyclopropene on shelf life, visual quality, antioxidant enzymes and health-promoting compounds in broccoli florets. *Food Chem.* 118, 774-781.
- Zhang, L., L. Jiang, Y. Shi, H. Luo, R. Kang y Z. Yu. 2012. Post-harvest 1-methylcyclopropene and ethephon treatments differently modify protein profiles of peach fruit during ripening. *Food Res. Int.* 48, 609-619.

ANEXO 1

Momento: Cosecha 1

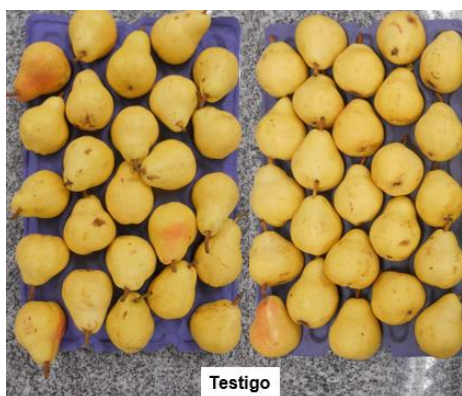
D0 de vida en estante



D7 de vida en estante



D14 de vida en estante



Momento: cosecha 2

Día 0 de vida en estante



Día 7 de vida en estante



Día 14 de vida en estante

