

Uso de atmósfera controlada y 1-MCP en kiwis 'Hayward' producidos en Argentina: efectos sobre la maduración

Yommi, Alejandra^{1,4}; María Cecilia Melucci² (ex-aequo); Mabel Casanovas²; Victoria Quillehauquy¹; María Paula Borrajo^{2,3}; Gabriela Fasciglione^{2,3}

Unidad Integrada Balcarce (INTA¹ - Facultad de Ciencias Agrarias², UNMDP). Ruta 226 km 73,5. (7620) Balcarce. Argentina; ³CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas); ⁴yommi.alejandra@inta.gov.ar

Yommi, Alejandra; María Cecilia Melucci; Mabel Casanovas; Victoria Quillehauquy; María Paula Borrajo; Gabriela Fasciglione (2016) Uso de atmósfera controlada y 1-MCP en kiwis 'Hayward' producidos en Argentina: efectos sobre la maduración. Rev. Fac. Agron. Vol 115 (1): 107-117

Se estudió el efecto del uso de la atmósfera controlada (AC), 1-metilciclopropano (1-MCP) y su combinación, sobre la maduración del kiwi 'Hayward'. Frutos cosechados con 16,6% de materia seca y 9% de sólidos solubles totales (SST) fueron enfriados y tratados con 1000 ppb de 1-MCP (SmartFresh) durante 24h o permanecieron sin tratar con 1-MCP (controles). Posteriormente, frutas controles y tratadas con 1-MCP fueron almacenadas en cámara de frío convencional (FC, 0 °C y 90% HR) o en cámara de atmósfera controlada (AC, 2% O₂ y 5% CO₂, 0 °C; 90% HR) durante 5 meses (5m). Al finalizar, muestras de todas las combinaciones de tratamiento permanecieron durante un mes adicional en FC (5m + 1m). A la cosecha, a los 5m y 5m + 1m y después de la poscámara (7 días a 20 °C) se midieron el índice de color (en base a L*, a*, b* de CIE) y la firmeza de la pulpa (N), el SST (%) y la acidez titulable (AT, %). También se evaluó la dureza de columela al final de la poscámara, mediante análisis sensorial. Los tratamientos afectaron fundamentalmente la firmeza de la pulpa y de la columela. Los frutos almacenados en AC resultaron significativamente más firmes que los almacenados en FC, tanto a los 5m como a los 5m + 1m, evidenciando el efecto residual de dicha tecnología. Igual resultado se encontró para dureza de columela. El uso de 1-MCP en combinación con la AC también mostró un efecto sinérgico sobre la firmeza a los 5m + 1m, permitiendo prolongar el período de almacenamiento de los frutos.

Palabras clave: *Actinidia deliciosa*, ablandamiento, maduración

Yommi, Alejandra; María Cecilia Melucci; Mabel Casanovas; Victoria Quillehauquy; María Paula Borrajo; Gabriela Fasciglione (2016) Controlled atmosphere storage and 1-MCP of 'Hayward' kiwifruits grown in Argentina: effects on ripening. Rev. Fac. Agron. Vol 115 (1): 107-117

The effect of the use of controlled atmosphere (CA), 1-methylcyclopropane (1-MCP) and their combination on the ripening of 'Hayward' kiwifruits was studied. Fruits harvested with 16.6% dry matter and 9% of total soluble solids (TSS) were cooled and treated with 1000 ppb of 1-MCP (SmartFresh) for 24 hours or remained untreated (controls). Untreated and 1-MCP-treated fruits were kept at cold storage (CS, 0 °C and 90% RH) or at controlled atmosphere storage (CA, 2% O₂ and 5% CO₂, 0 °C and 90% RH) for 5 months (5m). Subsequently, samples from all treatment combinations remained for an additional month at CS (5m + 1m). At harvest, 5m and 5m+1m and shelf-life (7 days at 20 °C), color index (based on L*, a*, b* of CIE) and flesh firmness (N), TSS (%) and titratable acidity (TA, %) were measured. Hard core was also evaluated by sensory analysis at shelf-life. Treatments mainly affected the flesh firmness and hard core. Fruits stored in CA were significantly firmer than those stored in CS, both at 5m and 5m+1m, showing the residual effect of this technology. The same result was found for hard core. The use of 1-MCP in combination with CA also showed a synergistic effect on flesh firmness at 5m + 1m, prolonging the storage period of the fruits.

Key words: *Actinidia deliciosa*, softening, ripening

Recibido: 28/12/2015

Aceptado: 15/02/2016

Disponible on line: 01/07/2016

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCCIÓN

El kiwi es una fruta exótica que, por su sabor agradable y característico y su alto contenido de vitamina C, ha sido adoptada rápidamente por el consumidor en todo el mundo. La especie más cultivada a nivel mundial es *Actinidia deliciosa* (C.F. Liang et A.R. Ferguson) y el cultivar más difundido es 'Hayward', alcanzando el 33% de la producción mundial y casi la totalidad del kiwi en el comercio internacional (Ferguson, 2014). Este cultivar se caracteriza por producir fruta de gran tamaño, de pulpa verde y de larga vida de almacenamiento (Thompson et al., 2000).

La maduración es un proceso del desarrollo ligado a complejos procesos de transformación en el que el fruto expresa el máximo potencial de calidad y características organolépticas (Hayama et al., 2006). El kiwi es un fruto climatérico (Abeles et al., 1992), es decir que una vez separado de la planta puede completar la maduración organoléptica, siempre que haya sido cosechado a partir de madurez fisiológica. Mientras los kiwis maduran hasta alcanzar la madurez de consumo, la pulpa se ablanda, aumenta el contenido de azúcares solubles y se sintetizan compuestos aromáticos, en tanto que la acidez puede o no disminuir.

El kiwi presenta un climaterio retardado, ya que a diferencia de otros frutos, el incremento respiratorio asociado al climaterio se manifiesta cuando el proceso de ablandamiento ha avanzado y el fruto se encuentra prácticamente en madurez de consumo (Beever & Hopkirk, 1990). Si bien el ablandamiento está separado temporalmente de la ocurrencia del climaterio (Schröder & Atkinson, 2006), el kiwi es un fruto muy sensible al etileno. Niveles tan bajos como 10 ppb de etileno son suficientes para acelerar el ablandamiento de la pulpa (Retamales & Campos, 1997), proceso que es considerado uno de los principales causales de deterioro y limitantes del tiempo de almacenamiento de este fruto (Park, 2003).

A fin de retrasar el proceso de ablandamiento y prolongar la vida postcosecha, existen algunas herramientas tecnológicas que pueden aplicarse. Una de ellas es la refrigeración, porque a bajas temperaturas se reduce tanto la síntesis de etileno, como el ablandamiento. Otra de las herramientas es el uso de inhibidores de la maduración como el 1-metilciclopropano (1-MCP). El 1-MCP es una oleofina cíclica de origen sintético que se acopla de manera irreversible a los receptores de membrana específicos del etileno, bloqueando su efecto (Sisler & Serek, 1997). Cuando el 1-MCP se aplica en los frutos de kiwi luego de la cosecha, se deprime la tasa de respiración y la producción de etileno, disminuyendo el ablandamiento, el desarrollo de color y las pudriciones (Kim et al., 2001; Koukounaras & Sfakiotakis, 2007). El efecto se revierte en la medida que se sintetizan nuevos receptores de membrana específicos para el etileno (Blakenship & Dole, 2003).

Por otra parte, la modificación de la composición gaseosa durante el almacenamiento es otra herramienta que permite retrasar los cambios asociados a la maduración. El uso de atmósferas modificadas creadas por el envasado en films semipermeables a los gases, o el de atmósferas

controladas (AC), han demostrado ser efectivas para retrasar el ablandamiento de estos frutos (Arpaia et al., 1986; Zoffoli et al., 2002; Botondi et al., 2012). La composición gaseosa conteniendo 2% de O₂ y 5% de CO₂, removiendo el etileno para mantener una concentración por debajo de 10 ppb, ha sido reportada como la más adecuada para kiwi (Arpaia et al., 1986).

En Argentina, no se cuenta con antecedentes del uso de AC en kiwi. En cuanto al 1-MCP, el producto se está utilizando desde el año 2012, cuando la empresa Rohm and Haas extendió el uso de SmartFresh® para kiwi en Argentina. Estudios realizados por nuestro equipo de trabajo han demostrado que el uso de 1-MCP conjuntamente con la refrigeración retardó el ablandamiento y extendió el periodo de almacenamiento del kiwi 'Hayward' producido en la zona de Mar del Plata (Osés Martínez de Zúñiga, 2011; Quillehauquy et al., 2014; Moreno et al., 2015; Yommi et al., 2015). A su vez, Osés Martínez de Zúñiga (2011) reportó que la aplicación de 1-MCP deprimió la producción de etileno y retrasó el climaterio en los frutos. Es escasa la información internacional sobre el uso combinado de AC y 1-MCP, siendo este trabajo el primer reporte en Argentina del uso de AC para el kiwi 'Hayward'. Se planteó la hipótesis de que la AC retrasa la maduración y que su uso combinado con 1-MCP tiene un efecto sinérgico sobre el ablandamiento y un efecto residual cuando la fruta es transferida a temperatura ambiente durante su comercialización. En base a la misma, el objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de la atmósfera controlada, combinada o no con la aplicación de 1-MCP, y su efecto sobre la firmeza y otros índices de madurez en frutos de kiwi 'Hayward' producidos en el sudeste de la provincia de Buenos Aires.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se utilizaron frutos de kiwi 'Hayward', obtenidos de un huerto ubicado en el Paraje 'El Boquerón', Partido de General Pueyrredón (provincia de Buenos Aires). Tomando en cuenta la información internacional en relación al estado de madurez más apropiado para el almacenamiento en atmósfera controlada, los frutos fueron cosechados en un estado de madurez tardía, cuando alcanzaron un contenido de sólidos solubles totales (SST) de alrededor de 9%, una firmeza de pulpa de 76 N y 16,6% de materia seca (el 14 de mayo de 2013).

El tratamiento postcosecha con 1-MCP y el almacenamiento se realizaron en instalaciones de una empresa privada. Los frutos, contenidos en bines de madera (alrededor de 250 kg), fueron colocados en un ambiente ventilado para su curado durante 48 horas y luego enfriados en una cámara a 0-1 °C durante 24 h. Posteriormente, seis bines fueron tratados con 1-MCP (SmartFresh®, Rohm and Haas), utilizando una dosis de 1000 ppb durante 24 h, y otros seis, permanecieron en cámara de frío sin aplicación del retardador de maduración (control). A las 24 h, tres bines tratados con 1-MCP fueron conservados en cámara de frío convencional a 0-1°C (FC) y los otros tres, en una cámara de atmósfera controlada (AC). De igual manera se procedió con los bines sin tratar (controles): tres

bines permanecieron en cámara de FC y otros tres, en una cámara de AC. La creación de la atmósfera demoró 5 a 6 días, ajustándose una composición final de 2% O₂ y 5% de CO₂. Tanto en la cámara de FC como en la de AC, se contó con equipos catalizadores de etileno, para mantener niveles inferiores a 10 ppb. Asimismo, en ambas condiciones de almacenamiento, la humedad relativa se mantuvo en niveles cercanos del 90-95%. La duración del almacenamiento en atmósfera controlada fue de cinco meses. Al finalizar dicho período, se analizaron muestras (n=30) por triplicado para evaluar los índices de madurez a la salida de frío (5m), en ambas condiciones de almacenamiento. Otras tres muestras de cada tratamiento fueron transferidas 7 días a 20 °C para simular las condiciones de comercialización (poscámara denominada 5m + 7d) y analizadas en el laboratorio. Además, muestras por triplicado de todas las combinaciones de tratamiento permanecieron durante 1 mes adicional en cámara de frío convencional, con el objetivo de evaluar el efecto residual del uso de atmósfera controlada. Al finalizar dicho período se evaluó la madurez de la fruta, tanto a salida de frío (5m + 1m) como en poscámara (5m + 1m + 7d). En la Figura 1 se muestra en forma esquemática el procedimiento realizado.

Evaluación de la fruta al finalizar el almacenamiento en atmósfera controlada (5 meses)

Al cumplirse los cinco meses de almacenamiento en ambas condiciones (frío convencional y atmósfera controlada), se evaluó la calidad de los frutos, tanto inmediatamente después de ser extraídos de la cámara, como luego de permanecer 7 días a 20 °C (poscámara). Se midió la firmeza, el color de pulpa, el

contenido de sólidos solubles y la acidez titulable. En las muestras transferidas a 20 °C se determinó además la dureza de la columela, mediante una evaluación sensorial. En todos los casos la metodología se describe a continuación.

Determinación de la madurez de la fruta

Medición de color y de la firmeza de la pulpa

El color de la pulpa se evaluó en la escala CIELab*, con un colorímetro MINOLTA CR-300 (KONICA MINOLTA SENSING AMERICAS INC., New Jersey, USA), calibrado con una placa blanca (Y:92,0 ; x:0,3137, y:0,3199). Para determinar el color, se extrajo previamente la piel de la zona ecuatorial del fruto con un *peeler* y se realizó una medición por cada fruto. Con los datos obtenidos se efectuó el cálculo de índice de color, de acuerdo a lo citado por Vignoni et al. (2006).

La medición de la firmeza se efectuó utilizando un penetrómetro tipo EFFEGI, con un émbolo de 7,9 mm de diámetro (expresando el resultado en N). La determinación se realizó sobre la zona ecuatorial de cada fruto por duplicado, retirando previamente la piel.

Contenido de materia seca, sólidos solubles totales, acidez titulable y dureza de la columela

El contenido de materia seca se midió sólo en el momento de cosecha, siguiendo el protocolo de Crisosto et al. (2008). Brevemente, los frutos fueron cortados transversalmente en dos mitades y una rodaja de 2 mm de espesor obtenida con una mandolina fue identificada, pesada y secada a 65 °C durante 24 h. La mitad correspondiente a la zona peduncular fue utilizada para extracción de jugo y para realizar las mediciones de SST y acidez titulable. La mitad restante de cada fruto se conservó para la determinación sensorial de la dureza de columela.

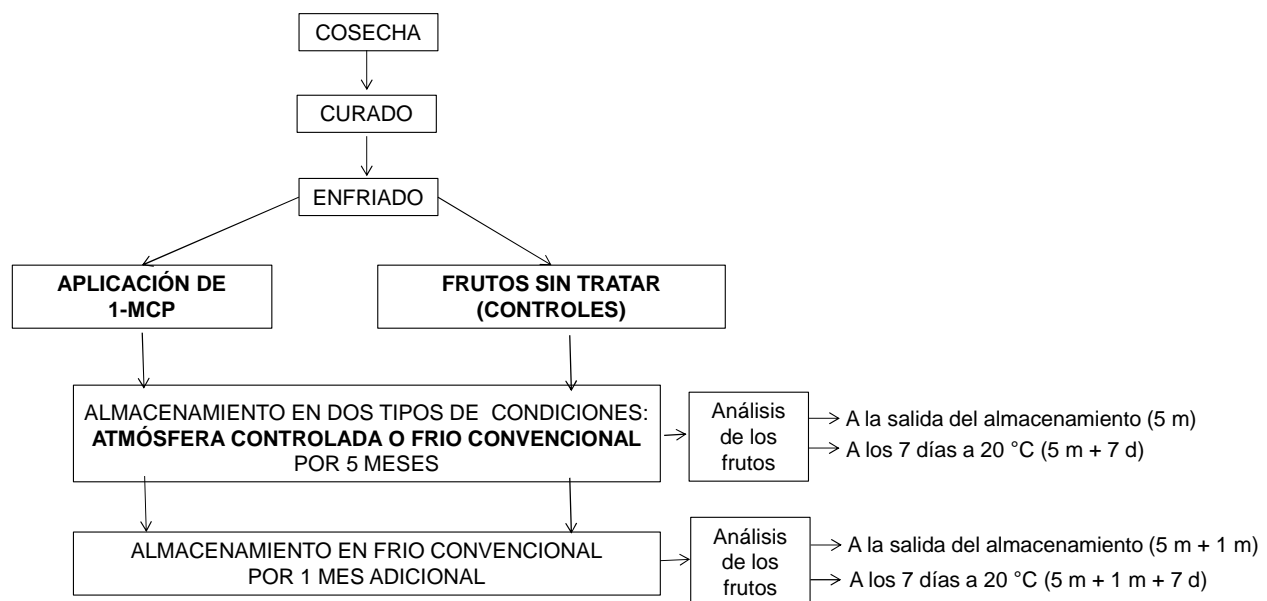


Figura 1. Esquema de los procesos y procedimientos realizados en el estudio

El jugo se extrajo con una juguera PHILIPS CUCINA HR-1820 (Philips, USA). Con una pequeña alícuota del jugo se midió el SST, en un refractómetro digital ATAGO Palette α series modelo 3442-E04 (ATAGO CO. Ltd., Tokio, Japón). Para medir la acidez titulable, 10 ml de jugo fueron diluidos en 100 ml de agua destilada. La muestra fue valorada por titulación con NaOH 0,1 N hasta pH 8,1 en un titulador automático RADIOMETER COPENHAGEN TITRALAB 90 (RADIOMETER MEDICAL APS, Bronshoj, Dinamarca). La dureza de la columela se evaluó al finalizar las poscámaras, mediante un análisis sensorial. Las muestras fueron previamente codificadas y evaluadas con un panel entrenado de 5 a 6 personas. Antes de la degustación los panelistas determinaron el grado de dificultad para separar con un cuchillo el tejido de la columela del de la pulpa que rodea a las semillas, y evaluaron la textura y grado de crocancez de la columela durante la masticación. Se utilizó una escala de intervalos de 3 puntos, donde: 1= textura blanda, agradable; 2: algo dura y crocante durante la masticación; 3= textura dura, muy crocante, imposible separar con un cuchillo el tejido de la columela del de la pulpa.

Diseño estadístico y análisis de los datos

El ensayo se realizó con un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2x2, con dos niveles del factor "tipo de almacenamiento" (frío convencional o atmósfera controlada) y dos niveles del factor "uso de 1-MCP" (1-MCP o Control), analizando los resultados correspondientes a cada período de almacenamiento (5m; 5m + 1m) y sus respectivas poscámaras (5m + 7d; 5m + 1m + 7d) en forma independiente. Se realizó un análisis de la varianza de los datos y ante la existencia de efectos significativos al 5%, se aplicó el test de comparación de medias de Tukey-Kramer.

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto de las tecnologías de almacenamiento sobre la firmeza de la pulpa.

A los 5 meses, los frutos almacenados en AC resultaron significativamente más firmes que los almacenados en FC, tanto a la salida de frío como en poscámara (Figura 2a). La falta de significancia del efecto del uso de 1-MCP indica que la firmeza resultó similar en frutos tratados y no tratados con este producto cuando se almacenaron en AC o en FC, tanto a los 5 meses de almacenamiento como luego de su exposición a 20 °C durante 7 días.

En los frutos almacenados en AC o en FC durante 5 meses y posteriormente, 1 mes adicional en FC, se encontró un efecto significativo ($p < 0,05$) de la interacción tipo de almacenamiento x uso de 1-MCP para firmeza de la pulpa, tanto a la salida de frío como en la poscámara. Los resultados muestran que la fruta tratada con 1-MCP resultó significativamente más firme que la control cuando se almacenó en AC, pero esta diferencia no se encontró cuando se la almacenó en FC (Figura 2b). A la salida de frío, los kiwis almacenados en AC resultaron siempre más firmes que los almacenados en FC, tanto aquellos tratados con 1-MCP como los controles. En la poscámara (5m + 1m + 7d),

no se detectaron diferencias significativas en la firmeza de pulpa de los frutos no tratados con 1-MCP debida al tipo de almacenamiento (AC o FC).

Los beneficios del uso de AC en kiwi han sido reportados previamente por Arpaia et al. (1985), quienes evaluaron en el cultivar 'Hayward', la aplicación de 2% O₂ y distintas concentraciones de CO₂ (0%, 3%, 5% y 7%) durante 6 meses. Estos autores encontraron que los frutos se ablandaron más lentamente en la medida que la atmósfera presentó niveles mayores de CO₂. Este efecto del CO₂ sobre la firmeza está dado fundamentalmente por la inhibición de la acción del etileno (Burg & Burg, 1967). El CO₂ se encuentra en la atmósfera en niveles aproximados al 0,03%, pero cuando esta concentración se eleva varias veces en el interior de la cámara de AC, este gas compite con el etileno ocupando los sitios en los receptores de membrana específicos (Blankenship & Dole, 2003; Staby, 2008). Según lo reportado por Burg & Burg (1967), una presión parcial de CO₂ de 1,55 kPa reduce al 50% la acción del etileno.

Antunes & Sfakiotakis (2002) evaluaron el efecto del almacenamiento en atmósfera regular, AC y en atmósfera de ultra bajo O₂ (ULO) sobre la biosíntesis de etileno y la maduración del kiwi 'Hayward'. Ellos indicaron también que los frutos almacenados durante 180 días en AC con 2% de O₂ y 5% de CO₂ resultaron más firmes que los almacenados en atmósfera regular. Asimismo, Oz & Eris (2010) coincidieron con lo anterior al evaluar kiwis 'Hayward' almacenados en AC (2% de O₂ y 5% de CO₂) durante 5 meses a 0 °C y 85-90% HR. Tanto los antecedentes citados como los resultados del presente trabajo, demuestran que la AC conteniendo una mezcla de 2% de O₂ y 5% de CO₂ en combinación con el uso de refrigeración (0 a 1 °C), alta humedad relativa (superior al 90%) y control del etileno (manteniendo niveles inferiores a 10 ppb) permite conservar la firmeza de los frutos de kiwi en mayor medida en comparación con el almacenamiento en FC. El menor ablandamiento se produce, fundamentalmente, por una disminución general del metabolismo debida a la menor disponibilidad de O₂ en la atmósfera de almacenamiento. Esta menor actividad metabólica deprime la actividad de las enzimas involucradas en la degradación de la pared celular del fruto (Hertog et al., 2004).

En el caso del kiwi, el ablandamiento de la pulpa ocurre antes de que se produzca el climaterio y en este proceso se pueden identificar cuatro etapas (Atkinson et al., 2011). En la primera se produce fundamentalmente la degradación del almidón y la producción de etileno es muy baja, aunque el fruto es altamente sensible al etileno exógeno. En la segunda, el ablandamiento es más rápido y se produce la solubilización de pectinas, reduciéndose el contenido de galactosa de las paredes celulares. En la tercera etapa, se inicia la síntesis autocatalítica de etileno, el fruto se ablanda hasta alcanzar la firmeza de consumo y se sintetizan los compuestos volátiles responsables del aroma. En la fase final el fruto resulta excesivamente blando, comercialmente inaceptable y de sabor desagradable. Durante esta última fase, la reducción de la laminilla media, asociada con la presencia de pectinas depolimerizadas, conduce a una menor adhesión intercelular y favorece la pérdida de

integridad del tejido (Atkinson et al., 2011). Las principales enzimas involucradas en el ablandamiento son hidrolasas y amilasas que actúan sobre los componentes de la pared celular y sobre el almidón, originando los cambios que acompañan a la maduración y el ablandamiento de los frutos. En relación a esto, Bonghi et al. (1996) determinaron la actividad de las enzimas: amilasa, β -galactosidasa, poligalacturonasa y endo 1-4 glucanasa y la evolución del etileno durante la maduración de kiwis 'Hayward' expuestos durante 40 días a 20 °C (momento en que alcanzaron la madurez de consumo). Ellos encontraron que el incremento catalítico de la producción de etileno ocurrió después de haberse iniciado el ablandamiento, cuando la firmeza era de 10 N (madurez de consumo), la cual correspondería a la tercera etapa según lo descrito por Atkinson et al. (2011).

Varios autores han reportado que el tratamiento con 1-MCP luego de la cosecha permite extender la vida postcosecha del kiwi cuando es transferido a temperatura ambiente, una vez finalizado el período de almacenamiento en frío. Cantin et al. (2011)

demonstraron que frutos 'Hayward' que habían sido tratados con 1-MCP y almacenados durante 180 días a 0 °C presentaron mayor firmeza que los frutos no tratados al exponerlos durante 8 días a temperatura ambiente. Nuestros resultados demuestran además, que hubo un efecto sinérgico de la combinación AC+1-MCP, ya que los kiwis tratados con 1-MCP resultaron más firmes cuando habían sido almacenados en AC respecto de FC (Figura 2a y 2b). También hubo un efecto residual de la AC, ya que la fruta proveniente de AC se mantuvo más firme aún luego de haber transcurrido un mes adicional en FC. El efecto sinérgico de la combinación AC+1-MCP coincide con lo reportado por Vieira et al. (2012), quienes evaluaron el efecto del 1-MCP sobre la maduración de frutos 'Hayward' que habían sido almacenados en distintas atmósferas durante 30, 60, 90 y 120 días. Ellos indicaron que el uso de las dos tecnologías permitió mantener los frutos más firmes y aumentar el período de almacenamiento. Los resultados de este trabajo indican que esta sinergia fue detectable aún en frutos almacenados por 150 días en AC y transferidos luego por 30 días a 0 °C.

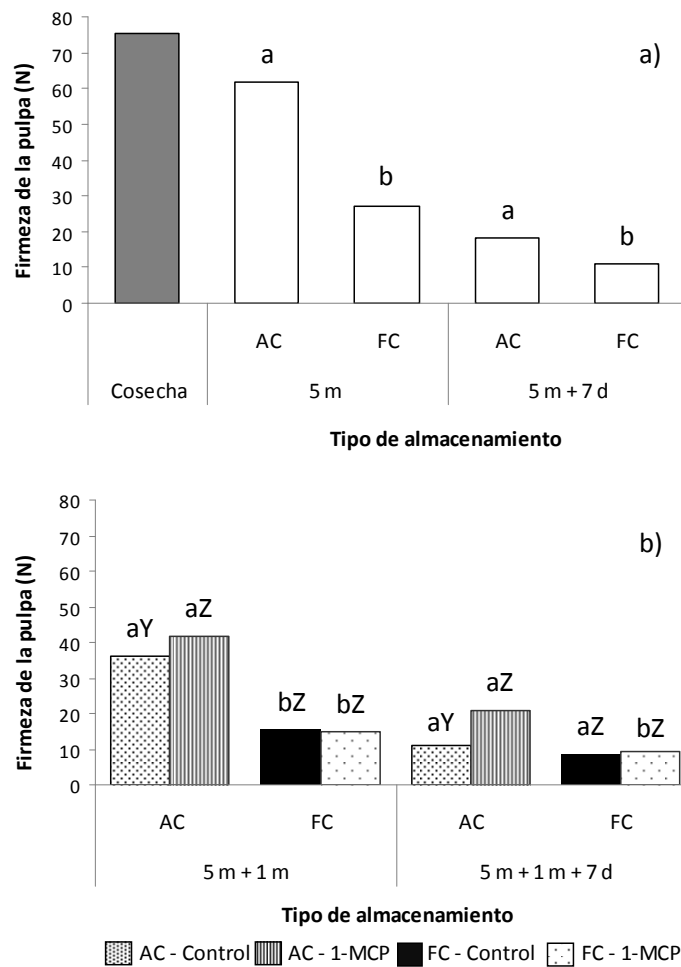


Figura 2. Efecto del tipo de almacenamiento sobre la firmeza de la pulpa (N) a los 5 meses de almacenamiento: (a) a salida de frío (5m) y en poscámara (5m + 7d); (b) a salida de frío luego de 1 mes adicional en FC (5m + 1m) y en poscámara (5m + 1m + 7d). Letras minúsculas indican diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre los tipos de almacenamiento en cada uno de los momentos de evaluación. Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre fruta Control v tratada con 1-MCP.

Al retrasar marcadamente el ablandamiento del kiwi, la atmósfera controlada es una tecnología que posibilitaría el acceso de la fruta a mercados distantes. El mercado europeo exige que el kiwi importado del Hemisferio Sur tenga una firmeza de alrededor de 39 N en los puertos de arribo. Sin uso de AC esto es posible sólo al inicio de la temporada de cosecha, si la fruta es acondicionada y rápidamente, es enviada por barco en contenedores refrigerados, llegando a destino aproximadamente a los 40 días. Por tanto, para prolongar el período de comercialización a Europa es necesario recurrir al uso de tecnologías de almacenamiento adicionales al frío. El almacenamiento en AC y el uso de 1-MCP son dos herramientas que podrían emplearse para cumplir con los requisitos de estos mercados. Asimismo, prolongar la vida de almacenamiento permite también extender el período de venta en el mercado interno.

Si bien es fundamental que la firmeza se mantenga durante el período de almacenamiento del kiwi, también es necesario que el fruto logre revertir el retraso de la maduración cuando se requiera que alcance las características deseadas por el consumidor. El 1-MCP actúa a nivel de los receptores de membrana específicos del etileno, inhibiendo su acción (Sisler & Serek, 1997). La unión que se establece entre dicho compuesto y los receptores de etileno, es irreversible (Blankenship & Dole, 2003). Como respuesta al uso de 1-MCP, muchas reacciones bioquímicas dependientes del etileno son afectadas, entre ellas las involucradas en el ablandamiento. Sin embargo, está demostrado que este inhibidor de madurez permite que el kiwi se ablande y mantenga una firmeza adecuada para el consumo, es decir que el efecto se revierte durante el almacenamiento y la poscámara (Cantin et al., 2011), lo cual se debería a la síntesis de nuevos receptores de membrana (Blankenship & Dole, 2003).

Efecto sobre el IC, SST, AT y dureza de la columela.

El cambio de color en las frutas es un indicador del proceso de maduración organoléptica. El kiwi no evidencia cambio de color externo, pero internamente, puede presentar pérdida de color verde (en *A. deliciosa* y *A. chinensis*), con aparición, además, de tonalidades amarillas y hasta rojizas (en *A. chinensis*). Particularmente en *A. deliciosa*, el cambio de color de la pulpa se debe principalmente a la pérdida de clorofila, por lo tanto la coloración del fruto maduro está determinada fundamentalmente por la cantidad de pigmento remanente (McGhie & Ainge, 2002; Crowhurst et al., 2008). La reducción de la clorofila *b* a clorofila *a* es el primer paso crucial del proceso de degradación de la clorofila, seguido por la acción de clorofilasas (EC 3.1.1.14), con formación de compuestos clorofilidos y feoforbidos. El segundo paso crucial es la transformación de los feoforbidos en compuestos incoloros por la acción de la feoforbido a oxigenasa (PAO, EC 1.14.12.20) (Pilkington et al., 2012). Se ha planteado que podría haber enzimas implicadas en la ruta de degradación que aún no han sido identificadas, pudiendo además haber diferencias entre hojas y frutos (Eckardt, 2009). El proceso de catabolismo de la clorofila está regulado a nivel de la expresión de las clorofilasas, que son inducidas por etileno (Jacob-Wilk

et al., 1999; Azoulay Shemer et al., 2008).

No se encontraron efectos significativos del uso de 1-MCP, ni de interacción entre el tipo de almacenamiento x uso de 1-MCP sobre el IC. Los resultados indican que el tipo de almacenamiento afectó significativamente el color de la pulpa ($p < 0,05$) y este efecto sólo se detectó en ambas salidas de frío y no cuando la fruta fue transferida a 20 °C (poscámaras) (Tabla 1). El uso de AC permitió mantener un color verde más intenso de la pulpa (un valor de IC más negativo) que en FC, lo cual muestra que los frutos almacenados en AC retuvieron en mayor medida el contenido de clorofila que los almacenados en FC. Resultados similares han sido reportados por Saltveit (1997), quien sostuvo que la degradación de la clorofila puede ser inhibida cuando el producto se almacena en una condición de baja concentración de O₂ y alta de CO₂, debido a que se produce una disminución de la producción y de la sensibilidad de los tejidos al etileno (Zagory & Kader, 1988), afectando algunas rutas metabólicas relacionadas con la maduración de los frutos. La fruta almacenada en AC retuvo más el color verde que la mantenida en FC, aún luego del mes de almacenamiento adicional en FC (5m + 1m), marcando la existencia del efecto residual de la AC cuando la fruta permanece a 0 °C. No obstante, cuando los frutos fueron expuestos a una condición de atmósfera normal y a 20 °C por 7 d, posiblemente una reactivación de la actividad enzimática involucrada en la degradación de la clorofila indujo la pérdida del efecto de la AC en la retención del color verde.

El tipo de almacenamiento afectó significativamente ($p < 0,05$) la acidez titulable (Tabla 1). Al igual que para el IC de la pulpa, el efecto significativo de la AC sobre la acidez titulable en ambas salidas de frío, también fue revertido cuando la fruta fue transferida a condiciones de aire regular y 20 °C durante los 7 días de poscámara. Este resultado coincide con lo reportado por Arpaia et al. (1985) y marca claramente que hubo una depresión de la actividad respiratoria debida a la AC utilizada durante los 5 meses de almacenamiento. Según Beaudry (1999), cuando el contenido de O₂ del ambiente se encuentra entre 2 y 4 KPa, ocurren importantes ajustes metabólicos. Este autor también menciona que un aumento de los niveles del CO₂ a alrededor de 5 KPa puede reducir la velocidad de consumo de azúcares en el proceso de respiración debido a la disminución de la actividad de ciertas enzimas intervinientes en la glucólisis. Es de suponer entonces, que las condiciones de AC también afectan la velocidad con la que se metabolizan los ácidos orgánicos, como el cítrico, el cual puede ser utilizado en el ciclo de Krebs. Esto explicaría porque la acidez titulable de los frutos almacenados en AC se mantiene en valores más elevados que en los conservados en FC. Al deprimirse la síntesis y acción del etileno, se podría pensar que el 1-MCP podría tener el mismo efecto que la AC sobre la acidez titulable, pero la falta de respuesta del 1-MCP sobre la AT observada en este trabajo podría estar asociada a los efectos combinados de la baja temperatura, el uso de AC y la remoción del etileno en el ambiente de almacenamiento (Watkins, 2006).

Tabla 1. Índice de color, acidez titulable y contenido de sólidos solubles en kiwis almacenados en AC o FC durante 5 meses, durante un 1 mes adicional en FC y en las respectivas poscámaras (7 días a 20 °C). ¹Letras minúsculas indican diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre las condiciones de almacenamiento en cada uno de los momentos de evaluación. ²Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre fruta Control y tratada con 1-MCP.

| Índice de madurez | Factor | Momento de evaluación | | | |
|---|------------------------|-----------------------|----------------------|---------|-------------|
| | | 5m | 5m+ 7d | 5m+ 1m | 5m+ 1m + 7d |
| Índice de color (IC) | Tipo de almacenamiento | | | | |
| | AC | -8,3 a ¹ | -7,7 | -8,3 a | -7,3 |
| | FC | -7,8 b | -7,3 | -7,9 b | -7,1 |
| | valor p | < 0,0001 | 0,3530 | 0,0168 | 0,2440 |
| Acidez Titulable (AT) | Tipo de almacenamiento | | | | |
| | AC | 1,42 a | 1,33 | 1,5 a | 1,31 |
| | FC | 1,37 b | 1,29 | 1,4 b | 1,26 |
| | valor p | 0,0324 | 0,0744 | 0,0376 | 0,0533 |
| Contenido de Sólidos Solubles Totales (SST) | Uso de 1-MCP | | | | |
| | Control | 13,40 | 13,60 Z ² | 13,87 Z | 13,80 Z |
| | 1-MCP | 12,87 | 13,30 Y | 13,55 Y | 13,23 Y |
| | valor p | 0,0510 | 0,0077 | 0,0116 | 0,0049 |

Durante la maduración del fruto de kiwi el almidón se hidroliza (Burdon et al., 2004), obteniéndose azúcares simples con el consecuente aumento del contenido de SST. Los resultados del presente trabajo muestran que hubo un aumento del SST respecto al valor de cosecha (9,1%) al finalizar las salidas de frío y las poscámaras, independientemente del tipo de almacenamiento (0,0563<p<0,8158). Esto coincide con lo reportado por Vieira et al. (2012), quienes indicaron que tanto los frutos almacenados en AC como en FC mostraron un similar aumento en el contenido de SST. Por su parte Oz & Eris (2010), encontraron también un aumento en el nivel de SST en frutos de kiwi almacenados durante 5 meses tanto en AC como en FC, aunque indicaron que este aumento fue menor en los almacenados en AC.

Distintos autores han reportado que el contenido de SST no es afectado por el uso de 1-MCP (Crisosto & Garner, 2001; Vieira et al., 2010, 2012). Sin embargo, los resultados encontrados en el presente trabajo indican lo contrario. En ambas poscámaras, y en la salida de frío correspondiente al mes adicional de almacenamiento en FC (5m +1m), el nivel de SST fue significativamente menor en la fruta tratada con 1-MCP (Tabla 1). Coincidiendo con este resultado, Boquete et al. (2004) reportaron un retraso en el aumento de SST y un menor contenido durante la poscámara en frutos tratados con 50 ppb de 1-MCP. Osés Martínez de Zúñiga (2011), por su parte, indicó que el tratamiento con 1-MCP afectó el nivel de SST de los frutos a la salida de frío, pero esta diferencia con los frutos control no se detectó luego de 3 días de poscámara. No obstante, debe destacarse que los valores de SST alcanzados en todas las combinaciones de tratamiento fueron superiores a 12,5%, mínimo asociado a una buena aceptación del consumidor (Crisosto & Kader, 1999).

Zoffoli et al. (2013) evaluaron alternativas de almacenamiento que permitan mantener la calidad de consumo del fruto del kiwi. Ellos encontraron que en frutos tratados con 1-MCP y almacenados en AC por

períodos superiores a los 90 días, la pulpa se ablanda a valores de alrededor de 18 N, pero el principal problema que afecta la calidad de consumo (incluso después de 12 días a 20 °C) es el desarrollo de 'columela dura'. Este es un desorden fisiológico por el cual la fruta no madura con normalidad: mientras la pulpa presenta una textura agradable, el tejido de la columela permanece con una firmeza que resulta excesiva al ser consumido el fruto, causando el rechazo del producto. Se considera 'columela dura' cuando la firmeza de este tejido es superior a 35 N (Zoffoli et al., 2013).

Hay trabajos que consideran que el uso de 1-MCP no está vinculado con la aparición de 'columela dura'. Sepúlveda Parada (2009) aplicó 1-MCP en kiwi en distintos momentos del almacenamiento refrigerado (0, 7, 14, 21 y 28 días), y evaluó el efecto de estos tratamientos sobre el ablandamiento de la fruta, tanto al finalizar el período de permanencia de los frutos en frío como en la poscámara. La fruta presentó 'columela dura' a partir de los 60 días de almacenamiento y no se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos de 1-MCP. Por tal motivo concluyó que el 1-MCP no fue el responsable de la aparición de dicha alteración. En coincidencia, nuestros resultados indican que el tipo de almacenamiento afectó significativamente ($p=0,0001$) la dureza de la columela en la poscámara de los 5 meses, sin efecto del tratamiento con 1-MCP ($p=0,8062$) ni de interacción ($p=0,1043$). Los frutos almacenados en AC presentaron mayor dureza respecto de los almacenados en FC (Figura 3). Al igual que lo ocurrido en la pulpa, hubo un efecto residual de la AC que retrasó el ablandamiento de la columela. En la poscámara del mes adicional en FC (5m + 1m + 7d), en cambio, se encontró una interacción significativa ($p=0,0093$) del tipo de almacenamiento x uso de 1-MCP. El uso de 1-MCP no afectó la dureza de la columela cuando los frutos se almacenaron en FC pero si hubo un efecto sinérgico cuando se almacenaron en AC. Mientras que en los frutos control no se detectaron diferencias para este parámetro debidas al tipo de

almacenamiento, la dureza de columela en los tratados con 1-MCP fue significativamente mayor cuando se almacenó en AC respecto de FC (Figura 3).

Si bien elevar el nivel de CO₂ al 5% en nuestro estudio ha resultado beneficioso al retrasar el ablandamiento y las pérdidas de color de la pulpa y de acidez, la retención de la firmeza de la columela merece ser analizada. Ha sido reportado que aumentar la concentración de CO₂ por encima de un nivel crítico puede ocasionar la manifestación de ciertas alteraciones o fisiopatías y que dicho nivel varía según el tipo de fruta almacenada. Arpaia et al. (1986) detectaron desarrollo de granulosis y de inclusiones blancas en la columela de kiwi, lo cual se agravó con niveles de 7% de CO₂ y con presencia de etileno en la cámara, concluyendo que la mezcla que contenía 2% de O₂ y 5% de CO₂ fue la más adecuada para el almacenamiento prolongado del kiwi 'Hayward'. Con niveles de CO₂ de alrededor del 5% y con el uso de catalizadores de etileno, tal como se ha utilizado en nuestro trabajo, estos autores no encontraron desarrollo de estas alteraciones, pero si hubo un retraso del ablandamiento del tejido de la columela. Otras mediciones realizadas en el presente estudio (datos no presentados) demuestran que los valores de firmeza de columela en los frutos AC (tanto tratados como no tratados con 1-MCP) fueron muy superiores al mencionado como crítico. Algunos reportes indican que el fruto de kiwi es susceptible al desarrollo de 'columela dura' cuando es expuesto a etileno en combinación con niveles de CO₂ superiores al 8% (Crisosto et al., 1996; Crisosto & Kader, 1999). Estas condiciones no coinciden con las utilizadas en el presente trabajo, ya que, como fue previamente descrito, la cámara de AC presentaba niveles de etileno por debajo de 10 ppb, y

una presión parcial de CO₂ inferior a la considerada crítica.

Los resultados encontrados en nuestra investigación indicarían que el proceso de ablandamiento podría tener una dinámica particular en el fruto almacenado en las condiciones estudiadas. Jackson & Harker (1997) midieron la firmeza en el pericarpio externo, pericarpio interno y columela y evaluaron la tasa de ablandamiento de cada uno. Estos autores encontraron que la relación de firmeza entre el pericarpio externo, interno y columela fue 2:1:5 al momento de la cosecha y de 3:1:5 a los 25 días postcosecha, demostrando que el ablandamiento se inicia en el mismo momento y ocurre de manera similar en los tejidos estudiados. No obstante, encuentran que la firmeza de la columela resulta muy superior (aproximadamente el doble) respecto del pericarpio externo, lo cual puede deberse a diferencias estructurales y bioquímicas de los tejidos. Nuestros resultados demuestran que la aplicación de tecnologías que retrasan la maduración como la AC y más aún, la combinación AC + 1-MCP, provocaron que las diferencias en firmeza entre los tejidos se acrecienten, explicando en parte la ocurrencia de columela dura.

La aplicación de atmósfera controlada retrasó el ablandamiento, la pérdida de color de pulpa y de acidez titulable en kiwis 'Hayward' almacenados durante 5 meses, mostrando un efecto residual cuando la fruta fue transferida durante 1 mes adicional a 0 °C o durante 7 días a 20 °C durante la poscámara. La combinación de AC y 1-MCP mostró un efecto sinérgico sobre la firmeza al finalizar el mes adicional de almacenamiento en frío, teniendo como resultado frutos más firmes, aunque con mayor dureza de columela en la poscámara respecto de los kiwis sin tratar con 1-MCP o de los que fueron almacenados en FC.

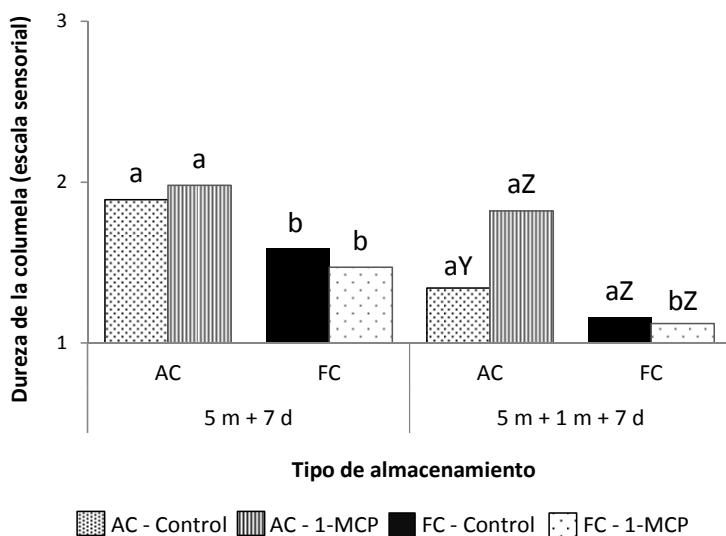


Figura 3. Efecto del tipo de almacenamiento y el uso de 1-MCP sobre la dureza de la columela: a) en la poscámara correspondiente a los 5 meses de almacenamiento (5m + 7d); b) en la poscámara correspondiente a los 5 meses de almacenamiento y el mes adicional en FC (5m+ 1m +7d). Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre los frutos almacenados en AC y FC. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre fruta Control y tratada con 1-MCP.

Es esencial entonces, determinar si este efecto puede o no ser revertido al transferir la fruta a una cámara de frío convencional (atmósfera regular) por un período superior al evaluado en el presente trabajo. Zoffoli et al. (2013), además, proponen el uso de etileno para lograr disminuir el desarrollo de esta fisiopatía en frutos almacenados en AC y 1-MCP. Estos autores han logrado revertir el efecto de la AC en frutos tratados con 1-MCP conservados 130 días en 2% O₂ y 5% CO₂, mediante el tratamiento con etileno durante 24 o 36 horas. Si bien este tratamiento representa un costo adicional, sería compensado por el alto precio que se consigue para el kiwi que ingresa al mercado interno a partir de diciembre.

CONCLUSIONES

El almacenamiento en AC y la aplicación de 1-MCP permitieron retrasar la maduración de los frutos, prolongando la vida de los mismos. No obstante, el uso combinado de AC y 1-MCP requiere hacer un adecuado manejo posterior de los frutos, permitiendo que continúen su normal proceso de maduración para evitar que la mayor dureza de columela afecte la aceptación de los consumidores. En relación a esto último, este trabajo abre una serie de interrogantes relacionados con la posibilidad de revertir el efecto que tiene la AC y su combinación con 1-MCP sobre la dureza de la columela de manera de evitar rechazo en los consumidores.

Este es el primer reporte en Argentina del efecto de la atmósfera controlada en kiwis 'Hayward', y particularmente, muestra el comportamiento de frutos producidos en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. Estudios que contemplen el almacenamiento en AC, con y sin exposición de la fruta al 1-MCP, y su almacenamiento posterior en frío convencional por un mayor período para posibilitar la reversión y reactivación del mecanismo enzimático involucrado en el ablandamiento, el uso de dosis más bajas de 1-MCP y/o la aplicación de etileno exógeno para desencadenar la maduración, permitirán contar con mayores conocimientos para ajustar el uso de las atmósferas controladas en kiwi.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a las instituciones a las que pertenecen por financiar la investigación realizada: al INTA (proyecto PNFUR1105083 y PRET BASUR 1272103) y a la Universidad Nacional de Mar del Plata (AGR 468/14 y AGR 520/16 Mincyt 15/A 521). También un agradecimiento a la empresa Rohm and Haas por el apoyo recibido y por suministrar el producto SmartFresh®.

BIBLIOGRAFIA

Abeles, F.B., P.W. Morgan & M.E. Saltveit. 1992. Ethylene in plant biology. Ed. San Diego Academic Press, San Diego. 414 pp.
Antunes, M.D. & E. Sfakiotakis. 2002. Ethylene biosynthesis and ripening behaviour of 'Hayward'

kiwifruit subjected to some controlled atmospheres. *Postharvest Biology and Technology* 26: 167-179.
Arpaia, M.I., F.G. Mitchell, A.A. Kader & G. Mayer. 1985. Effects of 2% de O₂ under varying concentrations of CO₂ with or without C₂H₄ on the storage performance of kiwifruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 110 (2): 200-203.
Arpaia, M.I., F.G. Mitchell, A.A. Kader & G. Mayer. 1986. Ethylene and temperature effects on softening and white core inclusion of kiwifruit stored in air or controlled atmospheres. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 111: 149-153.
Atkinson, R.G., K. Gunaseelan, M.Y. Wang, L. Luo, T. Wang, C.L. Norling, S.L. Johnston, R. Maddumage, R. Schroder, & R.J. Schaffer. 2011. Dissecting the role of climacteric ethylene in kiwifruit (*Actinidia chinensis*) ripening using a 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase knockdown line. *Journal of Experimental Botany* 62 (11): 3821-3835.
Azoulay Shemer, T., S. Harpaz-Saad, E. Belausov, N. Lovat, O. Krokhin, V. Spicer, K.G. Standing, E.E. Goldschmidt & Y. Eyal. 2008. Citrus chlorophyllase dynamics at ethylene-induced fruit color-break: A study of chlorophyllase expression, post-translational processing kinetics and in-situ intracellular localization. *Plant Physiology* 148: 108-118.
Beaudry, R.M. 1999. Effect of O₂ and CO₂ partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. *Postharvest Biology and Technology* 15(3): 293-303.
Beever, D.J. & G. Hopkirk. 1990. Fruit development and fruit physiology. In: Warrington, I.J. & G.C. Wetson (eds.). *Kiwifruit: Science and Management*. Auckland, NZ: Ray Richards. Pub. pp. 97-126.
Blakenship, S.M. & J.M. Dole. 2003. 1-methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology* 28: 1-25.
Bonghi, C., S. Pagni, R. Vidrih, A. Ramina & P. Tonutti. 1996. Cell wall hydrolases and amylase in kiwifruit softening. *Postharvest Biology and Technology* 9: 19-19.
Boquete, E.J., G.D. Trincherro, A.A. Fraschina, F. Vilella & G.O. Sozzi. 2004. Ripening of 'Hayward' kiwifruit treated with 1-methylcyclopropene after cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 32: 57-65.
Botondi, R., V. Russo & F. Mencarelli. 2012. Anaerobic metabolism during short and long term storage of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 64(1): 83-90.
Burdon, J., D. McLeod, N. Lallu, J. Gamble, M. Petley & A. Gunson. 2004. Consumer evaluation of 'Hayward' kiwifruit of different at-harvest dry matter contents. *Postharvest Biology and Technology* 34: 245-255.
Burg, S.P. & E.A. Burg. 1967. Molecular requirements for the biological activity of ethylene. *Plant Physiology* 42: 114-152.
Cantin, C.M., D. Holcroft & C.H. Crisosto. 2011. Postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) extends shelf life of kiwifruit. *Acta Horticulturae* 913: 621-626
Crisosto, C.H. & D. Garner. 2001. 1-MCP inhibits softening during storage. *Perishable Handling Quarterly* 108: 19-20.

- Crisosto, C.H. & A.A. Kader.** 1999. Kiwifruit postharvest quality maintenance guidelines. Central Valley Postharvest Newsletter 8: 1-11.
- Crisosto, D.H., M.A. Ritenour, D.T. Garner & G. Crisosto.** 1996. Effects of maturity and postharvest factors on the ethylene requirement for kiwifruit ripening. 1995-96 Kiwifruit Report. California Kiwifruit Commission, Sacramento, CA, 20 pp.
- Crisosto, C.H., J. Hasey, C.M. Cantin, S. Garibay & G. Crisosto.** 2008. Kiwifruit dry weight protocol. Department of Plant Sciences University of California, Davis, 8 p. Disponible en: <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-1183>. Ultimo acceso: octubre de 2011.
- Crowhurst, R.N., A.P. Gleave, E.A. McRae, C. Ampomah-Dwamena, R.G. Atkinson, L.L. Beuning, S.M. Bulley, D. Chagne, K.B. Marsh, A.J. Matich, M. Montefiori, R.D. Newcomb, R.J. Shaffer, B. Usadel, A.C. Allan, H.L. Boldingh, J.H. Bowen, M.W. Davy, R. Eckloff, A.R. Ferguson, L.G. Fraser, E. Gera, R.P. Hellens, B.J. Janssen, K. Klages, K.R. Lo, R.M. MacDiarmid, B. Nain, M.A. McNeilage, M. Rassam, A.C. Richardson B., E.H.A. Rikkerink, G.S. Ross, R. Schröder, K.C. Snowden, E.J.F. Souleyre, M.D. Templeton, E.F. Walton, D. Wang, M.Y. Wang, Y.Y. Wang, M. Wood, R. Wu, Y. Yauk & W.A. Laing.** 2008. Analysis of expressed sequence tags from *Actinidia*: applications of a cross species EST database for gene discovery in the areas of flavor, health, color and ripening. *BMC Genomics* 9: 351-377.
- Eckardt, N.A.** 2009. A new chlorophyll degradation pathway. *Plant Cell* 21(3): 700.
- Ferguson, A.R.** 2014. Kiwifruit in the world – 2014. in: The 8th International Symposium on Kiwifruit & Chengdu Kiwifruit Festival. 18-22 September, Chengdu, China.
- Hayama, H., M. Tatsuki, A. Ito & Y. Kashimura.** 2006. Ethylene and fruit softening in the stony hard mutation in peach. *Postharvest Biology and Technology* 41: 16-21.
- Hertog, M.L., S.E. Nicholson & P.B. Jeffery.** 2004. The effect of modified atmospheres on the rate of firmness change of 'Hayward' kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 31(3): 251-261.
- Jackson, P.J. & F.R. Harker.** 1997. Changes in firmness of the outer pericarp, inner pericarp, and core of *Actinidia* species during ripening. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 25: 185-189.
- Jacob-Wilk, D., D. Holland, E.E. Goldschmidt, J. Riov & Y. Eyal.** 1999. Chlorophyll breakdown by chlorophyllase: isolation and functional expression of the *Chlase1* gene from ethylene-treated Citrus fruit and its regulation during development. *Plant Journal* 20: 653-661.
- Kim, H.O., E.W. Hewett & N. Lallu.** 2001. Softening and ethylene production of kiwifruit reduced with 1-methylcyclopropene. *Acta Horticulturae* 553: 167-170.
- Koukounaras, A. & E. Sfakiotakis.** 2007. Effect of 1-MCP prestorage treatment on ethylene and CO₂ production and quality of 'Hayward' kiwifruit during shelf-life after short, medium and long term cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 46: 174-180.
- McGhie, T.K. & G.D. Ainge.** 2002. Color in fruit of genus *Actinidia*: carotenoid and chlorophyll compositions. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 50: 117-121.
- Moreno, A., M. Casanovas, V. Quillehauquy, G. Fasciglione, M.P. Borrajo & A. Yommi.** 2015. Influencia de la dosis de 1-MCP y la madurez de cosecha en kiwis 'Hayward' almacenados por períodos prolongados en frío. Libro de Actas de las VIII Jornadas Argentinas de Biología y Tecnología Postcosecha, 10 al 12 de noviembre, Balcarce, Argentina. p. 53.
- Osés Martínez de Zuñiga, L.** 2011. Evaluación de la calidad de kiwis almacenados en refrigeración envasados en distintas atmósferas modificadas y el uso de 1-MCP. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, UN Mar del Plata, Balcarce, Argentina. 60 pp.
- Oz, A.T. & A. Eris.** 2010. Effects of controlled atmosphere storage on 'Hayward' kiwifruits harvested at different TSS levels. *Acta Horticulturae* 876: 81-84.
- Park, Y.S.** 2003. Changes in the rates of fruit softening and decay of kiwifruit influenced by prestorage conditioning and hot air treatment during storage. *Journal of Korean Society of Horticultural Science* 44:670–674.
- Pilkington, S. M., M. Montefiori, P.E. Jameson & A.C. Allan.** 2012. The control of chlorophyll levels in maturing kiwifruit. *Planta* 236:1615-1628.
- Quillehauquy, V., A. Yommi, G. Fasciglione, M. Casanovas & P. Borrajo.** 2014. Postharvest Application of 1-Methylcyclopropene extends shelf Life of Kiwifruit. VIII International Symposium of Kiwifruit, Dujiangyan, Chengdu, China, 18/9 al 22/9 del 2014, p. 124.
- Retamales, J. & R. Campos.** 1997. Extremely low ethylene levels in ambient air are still critical for kiwifruit storage. *Acta Horticulturae* 444:573-578.
- Saltveit, M.E.** 1997. A summary of CA and MA recommendations for harvested vegetables. *Proc. Seventh Intl. Controlled Atmosphere Res. Conf. vol. 4: vegetables and ornamentals*, 13–18 July, 1997, Davis, CA, pp. 98–117.
- Schröder, R. & R.G. Atkinson.** 2006. Kiwifruit cell walls: towards an understanding of softening. *New Zealand Journal of Forestry Science* 36: 112–129.
- Sepulveda Parada, M.A.** 2009. Aplicaciones repetidas de 1-MCP en etapas tempranas de almacenamiento de kiwi var. Hayward y sus efectos en maduración. Facultad de Ciencias Agronómicas, Univ. Chile, Santiago, Chile. 40 pp.
- Sisler, E.C. & M. Serek.** 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiology Plantarum* 100: 577-582.
- Staby, L.G.** 2008. A brief history of 1-methylcyclopropene. *HortScience* 43 (1): 83-85.
- Thompson, J.F., P.E. Brecht, T. Hinshch & A.A. Kader.** 2000. Marine container transport of chilled perishable produce. *Agriculture and Natural Resources*, University of California, Davis, CA, USA. Publication no. 21595.
- Vieira, M.J., L.C. Argenta, C.V. Talamini do Amarante, C.A. Steffens & A.M.F.D. Vieira.** 2010. Preservação da qualidade pós-colheita de kiwi 'Bruno' pelo controle do etileno. *Revista Brasileira de Fruticultura* 32 (2): 309-406.
- Vieira, M.J., L.C. Argenta, C.V. Talamini do Amarante, A.M.F.D. Vieira & C.A. Steffens.** 2012. Qualidade pos-colheita de quiwi Hayward tratado con 1-

MCP e almacenado sob diferentes atmosferas. *Revista Brasileira de Fruticultura* 34 (2): 400-408.

Vignoni, L.A., R.M. Cesari, M. Forte & M.L. Mirabile. 2006. Determinación de índice de color en ajo picado. *Información Tecnológica* 17 (6): 63-67.

Watkins, C.B. 2006. 1-methylcyclopropene (1-MCP) based technologies for storage and shelf life extension. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation* 1 (1): 62-68.

Yommi, A., V. Quillehauquy, M. Casanovas & G. Fasciglione. 2015. Prestorage treatment of 'Hayward'

kiwifruit with 1-MCP: the effect of harvest maturity. *Acta Horticulturae* 1096: 321-326

Zagory, D. & A.A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technology* 42(9): 70-77.

Zoffoli, J.P., J. Rodríguez & N. Levy. 2002. Atmósfera modificada: desarrollo de una nueva alternativa para el almacenaje de kiwi. *Aconex* 74: 17-24.

Zoffoli, J.P., D. D'Hainaut & K. Flores. 2013. Cómo mejorar la calidad comestible del kiwi. *Agronomía y Forestal* 47: 28-35.