

**EFFECTO DE LA DOSIS DE 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP) SOBRE LA  
CALIDAD DE FRUTOS DE KIWI REFRIGERADOS**

**Victoria Quillehauquy**

**Trabajo de Tesis para ser presentado como  
requisito parcial para optar al Título de  
*MAGISTER SCIENTIAE* en Producción Vegetal**

**Área de Producción Vegetal**

**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS  
AGRARIAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA**

**Balcarce, Argentina  
Abril, 2016**

**EFFECTO DE LA DOSIS DE 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP) SOBRE LA  
CALIDAD DE FRUTOS DE KIWI REFRIGERADOS**

**Victoria Quillehauquy**

.....  
Directora de Tesis, Alejandra Karina Yommi Ing. Agr. *M Sci.*

.....  
Co-Directora de Tesis, Prof. María Gloria Monterubbianesi *M Sci.*

**EFFECTO DE LA DOSIS DE 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP) SOBRE LA CALIDAD DE FRUTOS DE KIWI REFRIGERADOS**

**Victoria Quillehauquy**

**Aprobada por:**

.....  
Dra. Claudia A. Casalongué

.....  
Dr. Gustavo A. Martínez

.....  
Dr. Ariel R. Vicente

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi esposo Agustín y a mis hijos, Bernardita y Segundo, por alentarme en todo momento en la realización de este proyecto.

También a mis padres por haberme dado la posibilidad de un estudio universitario y poder, hoy, cumplir esta etapa de posgrado.

A mis hermanos por estar siempre.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco en forma especial a mi directora de tesis y compañera de trabajo, por su acompañamiento y por sus invaluable consejos a lo largo del desarrollo de esta tesis. También a mi co-directora por transmitir paciente y en forma sencilla todos sus conocimientos.

Agradezco a todos mis compañeros de trabajo, Ale, Gaby, Lili, Mabel, Paula, Ayelén, Angie, Caro, Carlitos y Enrique. Todos y cada uno de ellos ayudaron a su modo a atravesar este proceso. También a la Dra Cecilia Creus por sus consejos y aportes.

Agradezco a Sr, Gustavo Martinez, por ceder generosamente la fruta de su plantación y al INTA, por solventar todo el trabajo de investigación.

Quiero también agradecer, muy especialmente, a mi anterior tutor, Dr. Facundo J. Quiroz, con quién realicé mis primeros pasos en el camino de la investigación y a quién debo en parte, estar en el equipo de Poscosecha y Calidad de Frutas y Hortalizas.

A mis amigas Mercedes, Gaby, Andrea y Vicky por alentarme en este, no siempre, fácil proceso.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCCION.....	1
1.1. Producción de kiwi en el mundo y en la Argentina.....	1
1.2. El kiwi: clasificación botánica, características generales.....	2
1.2.1. Características nutricionales.....	3
1.3. Crecimiento y desarrollo del kiwi.....	4
1.4. La maduración organoléptica ( <i>ripening</i> ).....	4
1.4.1. El etileno.....	5
1.5. Cambios físico-químicos durante la maduración del kiwi.....	6
1.5.1. Kiwi: ablandamiento y producción de etileno.....	8
1.6. 1-MCP.....	9
1.6.1 Modo de acción del 1-MCP, efecto reversible.....	10
1.6.2. 1-MCP en kiwi.....	11
1.7 Hipótesis y Objetivos.....	13
1.7.1. Hipótesis.....	13
1.7.2. Objetivo general.....	14
1.7.3. Objetivos particulares.....	14
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
2.1. Material vegetal y caracterización inicial.....	15
2.2. Aplicación de los tratamientos y diseño experimental.....	15
2.3. Determinaciones realizadas en los frutos: Momentos de medición y metodologías utilizadas.....	17

2.3.1. Momentos de medición.....	17
2.3.1.1. A la salida de cámara de frío.....	17
2.3.1.2. A los 7 días a 20°C luego del almacenamiento refrigerado (poscámara).....	17
2.3.1.3. Diariamente en poscámara.....	17
2.3.1.4. Durante 2 semanas en poscámara.....	18
2.3.2. Metodologías utilizadas.....	18
2.3.2.1. Color de la pulpa.....	18
2.3.2.2. Firmeza de la pulpa.....	18
2.3.2.3. Contenido de sólidos solubles totales.....	19
2.3.2.4. Contenido de materia seca.....	19
2.3.2.5. Acidez titulable.....	19
2.3.2.6. Contenido de ácido ascórbico.....	20
2.3.2.7. Capacidad antioxidante total.....	20
2.3.2.8. Producción de etileno.....	21
2.4. Análisis estadístico.....	21
3. RESULTADOS.....	24
3.1. Efecto de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento sobre la firmeza de la pulpa.....	24

3.2. Efecto de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento sobre la distribución de la firmeza de la pulpa en categorías de consumo.....	26
3.3. Efecto de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento sobre el contenido de sólidos solubles totales.....	29
3.4. Efecto de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento sobre la acidez titulable.....	30
3.5. Efecto de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento sobre el índice de color.....	31
3.6. Efecto de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento los desórdenes fisiológicos y/o toxicidad.....	32
3.7. Efecto de las dosis de 1-MCP sobre la producción de etileno durante la poscámara después de 6 meses de almacenamiento a 0°C.....	34
3.8. Efecto de las dosis de 1-MCP sobre la producción de etileno durante la poscámara después de 7 meses de almacenamiento a 0°C.....	35
3.9. Efecto de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento sobre capacidad antioxidante.....	36
3.10. Efecto de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento sobre contenido de ácido ascórbico.....	36
4. DISCUSIÓN.....	38
4.1. Ablandamiento y producción de etileno.....	38
4.2. Contenido de sólidos solubles y acidez titulable.....	39
4.3. Color de la pulpa.....	42
4.4. Capacidad antioxidante y contenido de ácido ascórbico.....	42
5. CONCLUSIONES.....	44
5.1. Consideraciones finales.....	45
6. BIBLIOGRAFÍA.....	46

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura de frutos de kiwi.....	2
Figura 2: Esquema de los procesos y de los tratamientos realizados .....	16
Figura 3: Firmeza de la pulpa en kiwi “Hayward” control y tratado con diferentes dosis de 1-MCP, a la salida de frío correspondiente a los 6 y 7 meses de almacenamiento a 0 °C.....	24
Figura 4: Firmeza de la pulpa en kiwi “Hayward” control y tratado con diferentes dosis de 1-MCP, almacenados durante 6 y 7 meses a 0 °C y transferidos por 7 días a 20 °C.....	25
Figura 5: Distribución de los frutos en las categorías de consumo según valor de firmeza, para cada dosis de 1-MCP y período de almacenamiento a 0 °C, a la salida de frío y en la poscámara .....	28
Figura 6: Contenido de sólidos solubles totales en kiwi ‘Hayward’ control y tratado con diferentes dosis de 1-MCP, a la salida de frío correspondiente a los 6 y 7 meses de almacenamiento a 0 °C y en poscámara (7 días a 20 °C). .....	29
Figura 7: Contenido de sólidos solubles totales en kiwi ‘Hayward’ almacenado 6 y 7 meses.....	30
Figura 8: Acidez titulable en kiwi ‘Hayward’ control y tratado con diferentes dosis de 1-MCP correspondiente a la salida de frío. ....	31
Figura 9: Índice de color en kiwi ‘Hayward’ a la salida de frío (a) y en poscámara (b) de los 6 y 7 meses de almacenamiento a 0°C .....	32
Figura 10: Producción de etileno ( $\mu\text{l kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) en kiwi “Hayward” control y tratado con diferentes dosis de 1-MCP, almacenados durante 6 meses a 0°C y posteriormente dispuestos a 20°C por 14 días.....	34
Figura 11: Producción de etileno ( $\mu\text{l kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) en kiwi “Hayward” control y tratado con diferentes dosis de 1-MCP, almacenados durante 7 meses a 0°C y posteriormente dispuestos a 20°C por 14 días.....	35
Figura 12: Capacidad antioxidante (EC50) en kiwi “Hayward” control y tratado con diferentes dosis de 1-MCP, a la salida de frío correspondiente a los 6 y 7 meses de almacenamiento a 0 °C (a) y a la poscámara (7 d a 20°C) (b).....	36
Figura 13: Contenido de ácido ascórbico (mg/100g peso fresco) en kiwi “Hayward” control y tratado con diferentes dosis de 1-MCP, a la salida de frío correspondiente a los 6 y 7 meses de almacenamiento a 0 °C (a) y a la poscámara (7 d a 20°C) (b).....	37

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Categorías de frutos de kiwi definidas según la firmeza medida en forma experimental y su evaluación sensorial .....	22
Tabla 2: Proporción de frutos almacenados por 6 o 7 meses a 0 °C que presentaron firmeza de consumo al transferirlos durante 24 y 48h a 20 °C.....	33

## RESUMEN

La producción de kiwi en Argentina se encuentra en expansión, tomando importancia creciente en la provincia de Buenos Aires, especialmente en el Sudeste. Una elevada proporción de la fruta cosechada es almacenada en frío para diferir la venta en el mercado interno. Al ser un fruto climatérico, el kiwi, es altamente sensible a la presencia de etileno aún en concentraciones tan bajas como 0,01 a 0,005  $\mu\text{l L}^{-1}$ . Uno de los mayores problemas asociados a la exposición a etileno es el ablandamiento prematuro de la pulpa, con la consecuente pérdida de calidad. Se han utilizado muchas estrategias y tecnologías para minimizar estos efectos. La aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP), antagonista del etileno, se presenta como una importante herramienta que permite nuevas estrategias para inhibir la acción del etileno y, por lo tanto, la maduración y la senescencia en diversos productos fruti-hortícolas. El efecto del 1-MCP en el retraso del ablandamiento en frutos de kiwi ha sido estudiado y depende de factores precosecha tales como la ubicación geográfica de los huertos y factores poscosecha como el estado de madurez a cosecha, duración de la exposición de la fruta al 1-MCP, momento y dosis de aplicación, reaplicaciones, tipo de almacenamiento, entre otros. Este trabajo tiene por objetivo evaluar el efecto de diferentes dosis de aplicación de 1-MCP y períodos prolongados de almacenamiento a 0 °C sobre la calidad de kiwi 'Hayward' producidos en el Sudeste de la provincia de Buenos Aires. Kiwis provenientes de un monte comercial fueron cosechados en madurez fisiológica (6.5% SST) y tratados con diferentes dosis de 1-MCP (0,5, 1,0, 1,5  $\mu\text{l L}^{-1}$ ) durante 24 horas a 0 °C. Asimismo un grupo de frutos no tratados y mantenidos a igual temperatura por un día se empleó como control. Posteriormente los frutos se almacenaron durante 6 y 7 meses a 0 °C. La aplicación de 1-MCP retuvo eficazmente la firmeza en ambos períodos de almacenamiento, independientemente de la dosis aplicada. Los frutos tratados con 0,5  $\mu\text{l L}^{-1}$  de 1-MCP tuvieron mayor capacidad de mantener la firmeza en la condición 'óptima para el consumo'. El contenido de sólidos solubles totales disminuyó con la dosis aplicada y aumentó en respuesta al período de almacenamiento, tanto a la salida de frío como en poscámara. La acidez titulable disminuyó con la dosis aplicada a la salida de frío y no fue afectada por el período de almacenamiento ni por la dosis de 1-MCP en poscámara. La dosis de 1-MCP no afectó el color de la pulpa, aunque los kiwis almacenados por 6 meses presentaron un verde más intenso que aquellos almacenados durante 7 meses. La aplicación de 1,5  $\mu\text{l L}^{-1}$  de 1-MCP no produjo desórdenes fisiológicos ni síntomas de toxicidad. La producción de etileno fue menor y se retrasó en los frutos tratados con 1-MCP, fundamentalmente cuando se emplearon las dosis de 0,5 y 1,0  $\mu\text{l L}^{-1}$ . El contenido de ácido ascórbico y la capacidad antioxidante no fueron afectados por los factores bajo estudio.

Palabras clave: *Actinidia deliciosa*, 1-MCP, almacenamiento, ablandamiento, calidad.

## ABSTRACT

Kiwifruit production in Argentina is in continuous growing, becoming more important mainly in Southeast of Buenos Aires province. Most of harvested fruits are cold stored to defer the sales in the domestic market. Kiwifruit is a climacteric fruit highly susceptible to ethylene, even at low concentrations ( $0.01$  to  $0.005 \mu\text{l L}^{-1}$ ). One of the major problems derived from ethylene exposure is earlier pulp softening, associated with quality losses. Many strategies and technologies have been used to minimize these effects. Application of 1-methylcyclopropene (1-MCP), ethylene antagonist, could be an alternative to reduce ethylene effects and, therefore, delay ripening and senescence of several fruit and horticultural products. Effect of 1-MCP has been previously studied and is affected by preharvest factors such as farms location and postharvest factors like fruits maturity at harvest, moment, dose and time of exposure to 1-MCP, storage type, among others. This work aims to evaluate the effect of different 1-MCP doses and long storage periods at  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  on 'Hayward' kiwifruit produced in the Southeast of the Buenos Aires province. Fruits were harvested from a commercial kiwifruit orchard at physiological maturity (6.5% TSS) and treated with different 1-MCP doses ( $0.5$ ,  $1.0$ ,  $1.5 \mu\text{l L}^{-1}$ ) for 24 hours at  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A group of fruits harvested and held at  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  for 24 h were used as controls. Then, fruits were stored for 6 and 7 months at  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Application of 1-MCP effectively delayed softening at both storage periods, regardless of the amount of 1-MCP applied. Fruits treated with  $0.5 \mu\text{l L}^{-1}$  of 1-MCP maintained firmness at 'optimal for consumption' levels after the storage period. Total soluble solids content decreased with the increase in 1-MCP dose and the effect was higher at longer storage periods. Titratable acidity at the end of cold storage period decreases with the increase in 1-MCP dose. Storage period and 1-MCP application did not affect titratable acidity in post chamber. Application of 1-MCP did not affect pulp color, although kiwifruits stored during 6 months showed a more intense green color than those stored for 7 months. Application of  $1.5 \mu\text{l L}^{-1}$  of 1-MCP did not produce physiological disorders or toxicity symptoms. Ethylene production was lower and it was delayed in fruits treated with  $0.5$  and  $1.0 \mu\text{l L}^{-1}$  of 1-MCP. Ascorbic acid content and antioxidant capacity were not affected by the variables evaluated.

**Keywords:** *Actinida deliciosa*, 1-MCP, storage, firmness, quality.

## 1. INTRODUCCION

### 1.1. Producción de kiwi en el mundo y en la Argentina

El kiwi (*Actinidia* spp.) es originario de China (Valle del río Yang-Tse) e introducido en Nueva Zelanda en 1904. A partir de este momento la selección y el mejoramiento genético contribuyeron a la expansión de la especie *Actinidia deliciosa* y a su transformación en un producto de gran valor comercial (Ferguson, 2008). Los mayores productores de kiwi en el mundo son China (1.765.847 toneladas, t), Italia (447.560 t), Nueva Zelanda (382.337 t), Chile (255.758 t) y Grecia (162.000 t) (FAO, 2013). China destina gran parte de su producción a satisfacer el mercado interno, sólo el 1% lo destina a la exportación (Ferguson; Huang, 2007). Los cuatro países restantes concentran el 80% del volumen de kiwi comercializado internacionalmente (Ferguson, 2014). Tanto en Chile y Nueva Zelanda como en Argentina, el inicio de la cosecha ocurre entre los meses de abril y mayo. Es en ese momento del año en que el Hemisferio Norte comienza a requerir fruta proveniente del Hemisferio Sur. La producción de kiwi en Argentina se encuentra en expansión y se concentra en la provincia de Buenos Aires. Otras provincias como Córdoba, Tucumán y Entre Ríos, cuentan con pequeñas áreas implantadas con kiwi. En la provincia de Buenos Aires existen tres zonas:

- Baradero (Norte de la provincia de Buenos Aires)
- La Plata (Noreste de la provincia de Buenos Aires)
- Sudeste (Sudeste de la provincia de Buenos Aires)

Por su volumen de producción, la zona del sudeste de la provincia de Buenos Aires es la más importante. Contando con alrededor de poco más de 300 hectáreas (has) de las alrededor de 800 has implantadas a nivel nacional, la zona sudeste se impone como la más apta por sus condiciones agroclimáticas, similares a las de Nueva Zelanda (Yommi, comunicación personal). El volumen de kiwi que se produce a nivel nacional se estima en 8.000 t anuales, insuficiente para cubrir la demanda del mercado interno, por lo que se importan anualmente alrededor de 11.500 t desde Italia y Chile, principalmente (SENASA, 2016). Las exportaciones, son de baja escala (alrededor de 200 a 600 t anuales en los últimos 5 años) pero de alta calidad, teniendo a Italia como destino principal (SENASA, 2016). Una elevada proporción de fruta es almacenada en frío para diferir la venta en el mercado interno y lograr mejores precios.

## 1.2. El kiwi: clasificación botánica, características generales

El kiwi es una planta leñosa, trepadora, de hoja caduca y flores diclino-dioicas, que pertenece al género *Actinidia*. Este género está compuesto por 76 especies y alrededor de 120 taxones (Ferguson; Huang, 2007). Las dos especies más importantes desde el punto de vista comercial son dos: *Actinidia chinensis* Planch. y *Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C.F.Liang y A.R. Ferguson.

*A. chinensis*: produce frutos de forma oblonga, alargada, con una protuberancia en el extremo estilar, llamada "pico", epicarpo liso, sin vellosidades y pulpa amarillo brillante (Nishiyama, 2007). 'Hort16A' es uno de los cultivares femeninos más difundidos y el reciente 'Gold 3', uno de los más prometedores de esta especie por su tolerancia a bacteriosis (Ferguson, 2014).

*A. deliciosa*: tiene frutos con epicarpo marrón sin brillo y con abundante vellosidad. El mesocarpo externo o pulpa es de color verde brillante, el mesocarpo interno contiene las semillas negras que rodean el tejido central del fruto de color blanco llamado columela. En la Figura 1 se puede observar el corte longitudinal y transversal de un fruto y los diferentes tejidos.

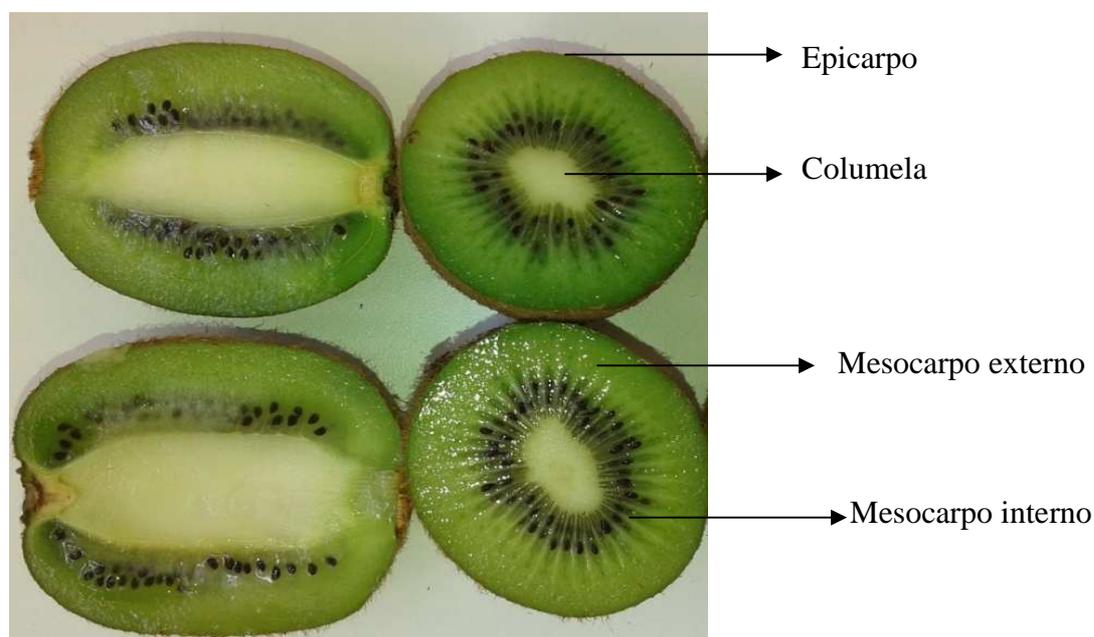


Figura 1: Estructura de frutos de kiwi.

*A. deliciosa* es la especie más producida a nivel mundial (Ferguson; Seal, 2008). El cultivar femenino más ampliamente difundido es 'Hayward' con el 95% de la producción mundial de kiwi (Ferguson; Huang, 2007; Ferguson, 2014), debido a que tiene alta productividad, posee frutos grandes y de gran capacidad de almacenamiento (Manolopoulou; Papadopoulou, 1998; Ferguson, 1999). A la madurez tiene un balance

azúcar-ácido moderado. Actualmente es el cultivar más comercializado en el mercado mundial. 'Hort16A' fue el cultivar neozelandés de pulpa amarilla más importante en el mercado internacional. Como consecuencia de la aparición del cancro bacteriano del kiwi causado por *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa) fue reemplazado por "Zesy002" (Gold 3) que está todavía en una etapa temprana de producción. Otros nuevos cultivares de pulpa verde, amarilla y roja comenzaron a plantarse en distintos países pero tienen, todavía, una contribución menor en el mercado internacional (Ferguson, 2014).

### 1.2.1. Características nutricionales

En los últimos años se ha puesto mucha atención en conocer el contenido de compuestos antioxidantes en frutas y hortalizas ya que numerosos estudios han revelado que su alto consumo está asociado a una reducción de la mortalidad debida a enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer. La presencia de compuestos con propiedades antioxidantes que atenúan el daño oxidativo a nivel celular ha permitido relacionar a estos alimentos con la prevención de ciertas patologías (Block *et al.*, 1992).

El kiwi es un fruto muy nutritivo, bajo en calorías y extremadamente rico en compuestos antioxidantes. Entre los más importantes se encuentran la vitamina C, la vitamina E, los carotenoides y los polifenoles, considerados importantes factores responsables de las propiedades saludables atribuibles al kiwi (Nishiyama, 2007). La mayor parte de la actividad antioxidante se debe a la vitamina C (Nishiyama *et al.*, 2004), cuyo contenido se encuentra dentro del rango comprendido entre 20 y 156 mg 100 g<sup>-1</sup> de peso fresco. Guo *et al.* (2003) evaluaron la contribución de la vitamina C a la capacidad antioxidante total en 28 frutos diferentes y el kiwi ocupó el cuarto lugar entre todas las especies analizadas.

El ser humano no tiene la capacidad de sintetizar vitamina C, por lo que su ingesta es su única fuente. El 90% de la vitamina C en la dieta humana proviene de las frutas y hortalizas. El ácido ascórbico (AA) es la principal forma activa de la vitamina C. Este se oxida en forma reversible a ácido L-dehidroascórbico (DHA), que también exhibe actividad biológica. El fruto de kiwi contiene un 92% de AA y un 8% de DHA (Lee; Kader, 2000). Es uno de los frutos más ricos en contenido de vitamina C disponible. Un solo fruto contiene la cantidad suficiente para satisfacer el requerimiento diario (Ferguson, 1991).

La cantidad de compuestos antioxidantes de un fruto depende de diversos factores (Kalt, 2005; Lee; Kader, 2000), entre los cuales se encuentran algunos de pre-cosecha, tales como los asociados al genotipo, a condiciones climáticas, prácticas culturales, estreses biótico y abiótico, y otros de poscosecha, como la temperatura y humedad relativa de almacenamiento y la modificación de la atmósfera. También es importante tener en cuenta que el estado de madurez a cosecha determina la calidad nutricional de frutas y hortalizas (Lee; Kader, 2000). Tavarini *et al.* (2008) observaron que el estado de madurez a cosecha y la duración del periodo de almacenamiento influyeron sobre las características nutricionales en frutos de kiwi.

### **1.3. Crecimiento y desarrollo del kiwi**

Los frutos pueden adoptar diferentes patrones de crecimiento. El kiwi manifiesta un patrón de crecimiento que se ajusta a un modelo de curva de tipo sigmoidea doble, dividida en 3 fases (Hopping, 1976; Han; Kawabata, 2002).

En su estudio Han y Kawabata (2002) describen que el fruto de kiwi atraviesa un prolongado período de crecimiento que dura aproximadamente 160 a 180 días desde la antesis hasta que alcanza su máximo tamaño. A partir de la polinización, se observa una primera fase de rápido crecimiento debido a la división celular inicial y posterior alargamiento de las células, que dura aproximadamente 60 días; en esta etapa el fruto alcanza más de la mitad del volumen final. La segunda fase de alrededor de 15 a 20 días de duración, se caracteriza por un crecimiento más lento dado por la limitada expansión celular. La tercera fase caracterizada por un rápido crecimiento, se prolonga durante 75 a 95 días variando según el cultivar, la zona de producción y las condiciones meteorológicas que afectan el ciclo del cultivo. En esta etapa los frutos alcanzan la madurez fisiológica (Levy Guarda, 2003). A partir de este momento, pueden, aún desprendidos de la planta madre, continuar con la última fase de “madurez organoléptica”.

### **1.4. La maduración organoléptica (*ripening*)**

La maduración organoléptica es un proceso complejo en el que ocurren cambios estructurales y bioquímicos que confieren a los frutos características organolépticas específicas así como también modificaciones en el aspecto externo, la textura y el sabor (Given, 1993). En el proceso de maduración, pueden distinguirse la

madurez fisiológica y la madurez organoléptica o de consumo. La madurez fisiológica es el estado de desarrollo en el cual un fruto está fisiológicamente preparado para continuar con los procesos metabólicos que conducen a lograr la madurez de consumo.

Los frutos han sido clasificados en dos grandes grupos: climatéricos y no climatéricos, en base a la presencia o ausencia de un incremento en la tasa respiratoria y en la producción de etileno durante la maduración. En los frutos no climatéricos no se detectan cambios drásticos en la respiración durante la maduración y la producción de etileno permanece en niveles basales (Alexander; Grierson, 2002). Estos frutos responden a la aplicación de etileno exógeno aumentando la tasa respiratoria en forma proporcional al incremento de la concentración aplicada (Tucker, 1993). Los frutos climatéricos son aquellos en los que la maduración está acompañada por un pico respiratorio en respuesta a un aumento en la producción de etileno (Alexander; Grierson, 2002). La concentración de etileno exógeno aplicada no afecta la magnitud de la tasa respiratoria, sólo adelanta la ocurrencia del climaterio. La producción autocatalítica de etileno continúa aún cuando se ha retirado el tratamiento con etileno exógeno, haciendo irreversible este proceso (Tucker, 1993).

La maduración de los frutos está regida por la existencia de dos sistemas de regulación de la producción del etileno, ambos activos en los frutos climatéricos (McMurchie *et al.*, 1972). El “sistema I” es un sistema de producción del etileno que alcanza solo niveles basales y está presente en los tejidos vegetales en general, incluyendo frutos no climatéricos y climatéricos en estado preclimatérico (inmaduro). La aplicación de etileno exógeno o de compuestos análogos del etileno (como propileno o acetileno) producen la retroinhibición de la producción del etileno en tejidos regidos únicamente por este sistema. En cambio, el “sistema II” opera sólo durante la maduración organoléptica de los frutos climatéricos y la aplicación de etileno exógeno activa la producción autocatalítica del etileno (Alexander; Grierson, 2002).

#### **1.4.1. El etileno**

El etileno es un compuesto volátil, regulador endógeno del crecimiento y desarrollo de las plantas. Numerosos estudios han demostrado la intervención de esta molécula en diversas fases del crecimiento y desarrollo tales como la germinación de las semillas, la senescencia y abscisión de hojas y flores, el crecimiento de raíces y la maduración de los frutos. El etileno es sintetizado en respuesta a diferentes tipos de

estrés tales como daños mecánicos, temperaturas extremas, tratamientos con hormonas, ataque de patógenos y/o insectos (Abeles *et al.*, 1992).

La ruta metabólica de biosíntesis del etileno ha sido completamente dilucidada por Yang and Hoffman (1984). El primer paso de esta ruta metabólica involucra la conversión de S-adenosil-L-metionina (SAM) en ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), reacción catalizada por la enzima 1-aminociclopropano-1-carboxílico sintasa (ACC sintasa; EC4.4.1.14). El segundo paso es catalizado por la enzima ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico oxidasa (ACC oxidasa; EC 1.14.17.4) y consiste en convertir el ACC en etileno, CO<sub>2</sub> y HCN

La percepción de la señal del etileno y su transducción fueron estudiadas extensamente a nivel bioquímico y génico. Se estableció un modelo lineal de transducción de la señal, en el cual el etileno es inicialmente percibido por una familia de receptores ubicados en la membrana del retículo endoplasmático (Chen *et al.*, 2002). Una importante característica de la vía de señalización del etileno es que contiene reguladores positivos y negativos, algunas proteínas sirven para inducir determinadas respuestas y otras las suprimen (Chen *et al.*, 2005). La unión reversible del etileno a los receptores induce cambios de conformación que regulan la señalización. Los receptores del etileno tienen alta similitud con los sistemas de señal bacterianos de dos componentes. Diversos estudios sugieren la existencia de variados mecanismos posibles para la salida de la señal de los receptores, que pueden involucrar tanto cambios en la actividad enzimática como cambios de conformación (Hall *et al.*, 2007). Otros estudios indican la importancia de las interacciones, entre los receptores y el componente inmediatamente posterior en el camino de señalización. En *Arabidopsis*, CTR1, receptor del etileno a nivel del retículo endoplasmático, es una proteína similar a las quinasas que actúa, no sólo como regulador negativo, sino también como componente integral del complejo de señalización receptor del etileno. Por el contrario, otros componentes de la ruta de señalización (EIN2, EIN37, EIL) fueron identificados como reguladores positivos, y la pérdida de sus funciones o la sobreexpresión de los mismos pueden provocar la insensibilidad o la respuesta al etileno, respectivamente.

### **1.5. Cambios físico-químicos durante la maduración del kiwi**

La maduración organoléptica se inicia a partir de la madurez fisiológica. En general, uno de los cambios más evidentes que ocurren en los frutos durante este proceso es el del color externo. Sin embargo, el kiwi no presenta modificaciones

perceptibles en el color durante todo el proceso de maduración organoléptica, lo cual ha llevado a buscar otros índices para determinar el estado de madurez. Entre los cambios que se producen durante la maduración del kiwi, el aumento de azúcares, la disminución del almidón y el ablandamiento son los más relevantes (Given, 1993). El contenido de sólidos solubles totales (SST) es una medida de la concentración de azúcares, dado que aproximadamente el 75% del valor es debido al contenido de azúcares solubles (fructosa, glucosa y sacarosa) (Reid, 1982). Este parámetro puede ser medido fácilmente con un refractómetro manual por lo que es utilizado como índice de madurez y de cosecha. Para la variedad 'Hayward', la cosecha puede iniciarse a partir de que el fruto haya acumulado un contenido mínimo de SST de 6,2%, momento de máxima acumulación de almidón, que marca el estado de madurez fisiológica. A partir de este momento el almidón comienza a hidrolizarse, en consecuencia ocurre un rápido aumento en el contenido de azúcares solubles que en este estadio se encuentra en 8% del peso fresco (Reid *et al.*, 1982). La conversión de almidón en azúcares solubles ocurre a partir de la madurez fisiológica mientras el fruto está todavía unido a la planta o una vez separado de ella. El contenido de almidón disminuye rápidamente durante las primeras semanas de almacenamiento, hidrolizándose durante las primeras 10 semanas a 0 °C (Richardson *et al.*, 1997). En frutos madurando a 20 °C estos cambios se producen mucho más rápidamente (20 días), con disminución en el contenido de almidón y aumento en el porcentaje de fructosa, glucosa y sacarosa (Matsumoto *et al.*, 1983). Durante este periodo la tasa respiratoria no aumenta sino que se mantiene a niveles suficientes para proveer los ATP necesarios para la degradación del almidón (MacRae *et al.*, 1992). Otro índice de cosecha utilizado por la industria de las frutas frescas es el porcentaje de materia seca (carbohidratos estructurales y almidón) acumulado, ya que es un buen predictor del contenido de SST al momento del consumo (Burdon *et al.*, 2004).

La tasa de ablandamiento es el factor limitante del tiempo en que los frutos pueden permanecer en óptimas condiciones luego de ser cosechados (McDonald; Harman, 1982). Posee una importancia fundamental porque la firmeza y el ablandamiento influyen sobre las decisiones del manejo en poscosecha y el destino de la fruta (venta inmediata a mercados locales o distantes, almacenamiento por períodos prolongados o cortos, aplicación de retardadores de maduración, etc). El ablandamiento es el principal factor que determina el deterioro de los frutos y está relacionado con una mayor susceptibilidad al ataque de patógenos, limitando el transporte, el almacenamiento y la vida en estantería, todos factores que afectan directamente los costos de producción (Brummell; Harpster, 2001).

### 1.5.1. Kiwi: ablandamiento y producción de etileno

En general, la máxima tasa de producción de etileno (climaterio) en los frutos climatéricos ocurre en un estadio temprano de la maduración organoléptica y como respuesta, fundamentalmente, se produce un importante ablandamiento de la pulpa (Crookes; Grierson, 1983). Cuando se encuentra activo el sistema II de producción autocatalítica de etileno, se dispara una cascada transcripcional (Solano *et al.*, 1998) que regula la expresión de los genes involucrados en el ablandamiento, además del sabor, el aroma, y el color (Bapat *et al.*, 2010). El kiwi, en cambio, alcanza el climaterio en un estado muy avanzado del proceso de ablandamiento, prácticamente, precediendo la senescencia (Whittaker *et al.*, 1997, Ritenour *et al.*, 1999; Boquete *et al.*, 2004). Aunque este fruto es considerado climatérico, en condiciones de conservación (0 y 10°C) manifiesta un comportamiento no climatérico (Antunes *et al.*, 2000) ablandándose en gran medida sin aumentos significativos en la producción de etileno (Ritenour *et al.*, 1999). A su vez, kiwis pre-climatéricos que producen niveles basales de etileno, son altamente sensibles a la presencia exógena de este gas. Frutos tratados con pequeñas cantidades como 5  $\mu\text{l L}^{-1}$  de etileno se ablandan rápidamente y sufren un rápido aumento en el nivel de azúcares (Given, 1993).

El proceso de ablandamiento de la pulpa ocurre en una serie de etapas que se van sucediendo a lo largo de la maduración del kiwi (Schröder; Atkinson, 2006). En la fase 1, la fruta recién cosechada produce niveles basales de etileno pero es altamente sensible a su aplicación exógena. El fruto se mantiene durante 3 a 5 días con la firmeza de cosecha, aproximadamente 80 N. La fase 2 se caracteriza por un período de rápido ablandamiento, pudiendo perder hasta el 80% de la firmeza de cosecha (Atkinson *et al.*, 2011), además ocurre la degradación del almidón, la solubilización de las pectinas y un hinchamiento de la pared celular (Redgwell *et al.*, 1997). La duración de esta fase dependerá de las condiciones en las que se encuentren los frutos, tales como almacenamiento a bajas temperaturas, atmósferas convencionales o controladas (Mir *et al.*, 2001), aplicaciones de inhibidores de la acción del etileno como el 1-metilciclopropeno (1-MCP) (Boquete *et al.*, 2004; Koukounaras; Sfakiotakis, 2007), y/o de ozono (Barboni *et al.*, 2010). A partir de la fase 3 comienza la producción autocatalítica de etileno hasta producirse el climaterio. El kiwi, en esta fase, logra la firmeza óptima para el consumo y desarrolla el sabor y aroma característicos (Paterson *et al.*, 1991). En la fase 4 los frutos se tornan demasiado blandos desarrollando sabores indeseables. También se observa una dilatación máxima de la pared celular, con solubilización masiva de pectinas, lo que provoca la pérdida total de la laminilla media, resultando en un fruto excesivamente blando (Hallett *et al.*, 1992).

La separación temporal entre el ablandamiento de la pulpa y la producción de etileno es bien característica del fruto de kiwi. En otros frutos climatéricos como por ejemplo, el tomate (Crookes; Grierson, 1983), muchos de los cambios en la firmeza de la pulpa coexisten con el climaterio.

Conocer como evoluciona el ablandamiento específicamente en cada fruto permite modificar este proceso mediante la aplicación de tecnologías según el objetivo deseado. Aplicaciones con etileno reducen el tiempo en que se logra la firmeza de consumo de 3-4 semanas a 6-7 días (Schröder; Atkinson, 2006). La exposición de frutos a bajas temperaturas (0-10 °C) y luego transferidos a 20 °C adelanta el climaterio (Antunes; Sfakiotakis, 2002) y el ablandamiento respecto de frutos que se han mantenido siempre a 20 °C (Hyodo; Fukasawa, 1985). MacRae *et al.* (1989) encontraron que la tasa de ablandamiento en kiwis depende del estado de madurez a cosecha, del tiempo de almacenamiento a 0 °C y del uso o no de etileno exógeno. Dependiendo de la especie, el estado de desarrollo y el objetivo comercial, la aplicación de etileno es una práctica corriente por ejemplo para lograr una maduración uniforme de bananas, o el desverdizado de cítricos, aunque la gran mayoría de las estrategias comerciales se basan en evitar la exposición de los productos al etileno. Su control es fundamental durante el período de poscosecha de la mayoría de los productos fruti-hortícolas y en el kiwi, por su alta sensibilidad, es un factor clave para retrasar el ablandamiento excesivo. La refrigeración, el uso de atmósferas controladas o modificadas, agentes oxidantes como el  $\text{KMnO}_4$  o el ozono, o inhibidores de la acción del etileno como el 1-MCP, son algunas de las técnicas más utilizadas para controlar el etileno. Cada una de ellas presenta diferentes mecanismos de acción, algunas actúan reduciendo la actividad de las enzimas de síntesis, otras compiten por el sitio de acción a nivel de membrana, otras actúan descomponiendo la molécula.

### **1.6. 1-MCP**

El 1-MCP es una de las herramientas que componen la lista de opciones para extender la vida poscosecha y la calidad de los productos fruti-hortícolas. Es inodoro y estable a temperatura ambiente, se utiliza en muy bajas concentraciones y no deja residuos detectables en los frutos tratados (< 0,1ppm). El 1-MCP tiene un modo de acción no tóxico. Posee una dosis letal media de inhalación en ratas ( $\text{LC}_{50}$ ) muy alta (2,2 mg  $\text{L}^{-1}$ ) (EPA, Environmental Protection Agency, 2002). Comparado con el etileno tiene una afinidad con los receptores 10 veces superior (Blankenship; Dole, 2003).

Edward Sisler y Sylvia Blankenship fueron quienes descubrieron la molécula de 1-MCP como inhibidor de la acción del etileno en 1996. Fue aprobado primeramente por la Agencia de Protección del Ambiente en 1999 para su uso en plantas ornamentales y se comercializó como EthylBloc<sup>®</sup> por Floralife, Inc. (Walterboro, SC). AgroFresh Inc., filial de Rohm & Haas (Spring House, PA), desarrolló el 1-MCP bajo el nombre comercial SmartFresh<sup>™</sup> para el uso en cultivos fruti-hortícolas (Watkins, 2006).

El 1-MCP se encuentra aprobado para su uso en muchos países, entre ellos Alemania, Argentina, Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Canadá, Chile, China, Corea del Sur, Costa Rica, Estados Unidos, Francia, Guatemala, Honduras, Irlanda del Norte, Israel, Italia, Kenia, México, Nicaragua, los Países Bajos, Nueva Zelanda, Reino Unido, Sudáfrica, Suiza y Turquía. Se registró para su uso en diversos productos, que varían según cada país, y que abarcan manzanas, damascos, paltas, kiwis, mangos, melones, nectarinas, papayas, duraznos, peras, pimientos, kakis, ananás, plátanos, ciruelas, zucchinis, tomates y bulbos de tulipán (Watkins, 2006). En Argentina el SmartFresh<sup>™</sup> se encuentra registrado para su aplicación en kiwis desde el año 2012, teniendo en cuenta información generada por el equipo de trabajo de Poscosecha y Calidad de Frutas y Hortalizas del INTA-EEA Balcarce.

#### **1.6.1. Modo de acción del 1-MCP, efecto reversible**

El 1-MCP es una olefina cíclica sintética que bloquea en forma irreversible el acceso del etileno a sus receptores a nivel de membrana, impidiendo respuestas tales como la germinación de semillas, la formación de raíces adventicias, la destrucción de la clorofila y amarillamiento, la senescencia de órganos, la respuesta a factores abióticos o bióticos del estrés, y la ampliamente estudiada maduración de los frutos (Sisler; Serek 1997). La complejidad de la ruta de transducción de señales y diversidad de receptores del etileno a nivel de membrana explican la dificultad que existe para determinar de forma exacta el modo de acción del 1-MCP. Se considera que el efecto del 1-MCP es reversible cuando una cantidad crítica de nuevos receptores del etileno a nivel de membrana son sintetizados de *novo* y al no haber sido expuestos al 1-MCP, no se encuentran bloqueados (Jiang *et al.*, 1999). Los tratamientos con 1-MCP en poscosecha se utilizan para controlar la maduración, el ablandamiento prematuro y retrasar la senescencia de diversas especies fruti-hortícolas (Blakenship; Dole, 2003). El tiempo transcurrido para que la maduración continúe depende de la tasa de acumulación de nuevos receptores de etileno (Hofman *et al.*, 2001). A su vez esto

dependerá de la concentración de 1-MCP, de la duración y la temperatura de aplicación (Golding *et al.*, 1998; Fan *et al.*, 1999). Además, las condiciones en las que se realiza el tratamiento con 1-MCP determinan el porcentaje de sitios receptores del etileno inactivados, afectando el tiempo requerido para volver a observar respuesta al etileno (Sisler; Serek, 1997). El efecto del 1-MCP se estudió en una amplia variedad de frutos y su respuesta depende de la especie (Blankenship; Dole, 2003), del cultivar (Candán *et al.*, 2011), del estado de madurez a cosecha, de la temperatura de almacenamiento y de la frecuencia de aplicación de 1-MCP (Mir *et al.*, 2001) del momento de aplicación y combinación con otras técnicas de conservación (Watkins *et al.*, 2012). Existe una multiplicidad de estudios referidos al efecto del 1-MCP como inhibidor del efecto del etileno. El 1-MCP retrasó la maduración en banana (Golding *et al.*, 1998; Pelayo *et al.*, 2003), extendiendo su vida poscosecha. En col china extendió la vida poscosecha manteniendo la buena apariencia y el contenido de nutrientes (Sun *et al.*, 2012). En palta, chirimoya, mango y papaya retrasó la maduración prematura debido a una exposición accidental con etileno exógeno y disminuyó sensiblemente la pérdida de peso durante el período de almacenamiento (Hofman *et al.*, 2001). En tomate y clavel el 1-MCP contrarrestó el efecto del etileno, alargando su vida poscosecha (Sisler *et al.*, 1996).

### **1.6.2. 1-MCP en kiwi**

El kiwi es extremadamente sensible al etileno exógeno. Concentraciones de  $0,01 \mu\text{l L}^{-1}$  (McDonald; Harman, 1982) o aún menores (Saltveit, 1999) son suficientes para inducir la maduración organoléptica. Esto puede traer como consecuencia el ablandamiento prematuro de frutos que potencialmente tienen la capacidad de conservarse por largos períodos, resultando en pérdidas económicas muy significativas. La efectividad del 1-MCP dependió de la concentración aplicada a la cosecha ( $1,0$ ;  $10$  o  $100 \mu\text{l L}^{-1}$ ) deprimiendo la producción de etileno en frutos expuestos a  $20^\circ\text{C}$  (Kim *et al.*, 2001). A su vez, Mennitti *et al.* (2005) concluyeron que aún con la aplicación de bajas concentraciones de 1-MCP ( $0,1$ ;  $0,25 \mu\text{l L}^{-1}$ ) en kiwis, antes y después del período de almacenamiento a  $0^\circ\text{C}$ , existe un efecto positivo sobre la retención de la firmeza. Koukounaras; Sfakiotakis, (2007) concluyeron que la aplicación de  $0,5 \mu\text{l L}^{-1}$  de 1-MCP suprimió la producción de etileno durante 1 y 2 meses de almacenamiento, y la redujo en kiwis almacenados durante 6 meses a  $0^\circ\text{C}$ . Illina *et al.* (2010) demostraron que la aplicación de  $1,0 \mu\text{l L}^{-1}$  de 1-MCP después de almacenamientos prolongados (40, 80 y 120 días a  $0^\circ\text{C}$ ) redujo la producción de

etileno y retrasó el ablandamiento en frutos transferidos a 20 °C, lo que posibilitó el mantenimiento de la firmeza óptima para el consumo durante más tiempo. En línea con estos resultados, Cantin *et al.* (2011) observaron que después de 6 meses de almacenamiento kiwis tratados con 0,5 y 1,0  $\mu\text{L L}^{-1}$  de 1-MCP fueron más firmes que los frutos control, manteniendo la tendencia durante la poscámara a 20 °C. Además de retrasar el ablandamiento, el 1-MCP puede tener efectos sobre otras variables. Se ha reportado que la tasa de acumulación de sólidos solubles totales es más lenta en frutos tratados con 1-MCP durante el almacenamiento a 0 °C; sin embargo, el 1-MCP no afectó este índice en frutos tratados cuando fueron trasladados a 20 °C, (Boquete *et al.*, 2004). Tampoco se han observado efectos del 1-MCP en la acidez en kiwis almacenados a 0 °C durante un mes (Crisosto; Garner, 2001). Si bien durante la maduración no se observan cambios en el color del epicarpo, en la pulpa hay pérdida de clorofila y cambios en la tonalidad y saturación del color que han sido retrasados por el uso de 1-MCP (Boquete *et al.*, 2004). El efecto del 1-MCP en el retraso del ablandamiento en kiwi y demás cambios asociados a la maduración organoléptica puede variar según el estado de madurez a cosecha (Tavarini *et al.*, 2008; Manriquez; Defilippi, 2011; Antunes *et al.*, 2014; Moreno *et al.*, 2015), la concentración aplicada y la duración de la exposición de la fruta al 1-MCP (Abdi *et al.*, 1998; Cantin *et al.*, 2011) el momento de la aplicación con distintas dosis (Boquete *et al.*, 2004). Además, la magnitud del efecto del 1-MCP depende de factores precosecha relacionados con la ubicación geográfica de los huertos por la influencia que tienen las condiciones agroclimáticas en las características de la fruta (Illina *et al.*, 2010). Según Cooper *et al.* (2011) frutos provenientes de plantas con vigor moderado, con buena exposición a la luz solar, alta relación Ca/N en fruto y frutos grandes, mantienen mejor la firmeza en poscosecha. En la Argentina, especialmente en el Sudeste de la provincia de Buenos Aires, la producción de kiwi es incipiente y se encuentra en expansión. Las condiciones agroclimáticas de la zona son óptimas para lograr un kiwi de excelente calidad (Reid, comunicación personal). El desafío es almacenar los frutos el mayor tiempo posible para lograr buenos precios sin descuidar la calidad lograda durante el cultivo. En este sentido los productores están adoptando, según la escala de producción, diferentes tecnologías ya utilizadas en el mundo. Una de ellas es el uso de 1-MCP. Existen pocos estudios realizados que evalúen el comportamiento de kiwis producidos en esta zona a la aplicación de 1-MCP. Illina *et al.* (2010) demostraron que el 1-MCP impide el aumento de transcriptos (KWACS1 y KWACO1) asociados con la maduración, regulando y reduciendo la producción de etileno. Osés *et al.* (2011) comprobaron que la aplicación de 1,0  $\mu\text{L L}^{-1}$  de 1-MCP pre-almacenamiento, deprimió la producción de etileno y retrasó el climaterio de kiwis, por otra parte la aplicación de

1,0  $\mu\text{l L}^{-1}$  de 1-MCP antes del almacenamiento en atmósfera controlada retrasó la maduración y prolongó la vida útil en frutos 'Hayward' (Melucci *et al.*, 2015). A su vez aplicaciones poscosecha de 0,5 y 1,0  $\mu\text{l L}^{-1}$  de 1-MCP retrasaron el ablandamiento y la tasa de acumulación de SST (Moreno *et al.*, 2015).

Momento y duración de la aplicación, reaplicaciones, dosis utilizadas y su efecto en períodos prolongados de almacenamiento, son algunas de las variables que son necesarias conocer para eficientizar la producción de kiwis en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, manteniendo su elevada calidad.

## 1.7 Hipótesis y objetivos

El efecto del 1-MCP sobre frutos de kiwi depende de múltiples factores. En la actualidad, existen pocos trabajos (Illina *et al.*, 2010; Osés *et al.*, 2011; Melucci *et al.*, 2015; Moreno *et al.*, 2015) que estudien el efecto de la aplicación de 1-MCP en kiwis 'Hayward' producidos de la zona del sudeste de la provincia de Buenos Aires y cómo responde la fruta a la aplicación de diferentes dosis antes del almacenamiento refrigerado prolongado.

### 1.7.1. Hipótesis

A partir de lo señalado anteriormente se plantearon las siguientes hipótesis:

- 1- La efectividad del tratamiento con 1-MCP sobre la retención de la firmeza, aumenta con la dosis aplicada y con el período de almacenamiento, fundamentalmente en poscámara.
- 2- Durante la poscámara, la producción de etileno es menor y se retrasa dependiendo de la dosis de aplicación de 1-MCP.
- 3- Los frutos presentan mayor contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable, color, ácido ascórbico, capacidad antioxidante en respuesta a la dosis aplicada de 1-MCP, tanto a la salida de cámara como en poscámara.

4- El contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable, color, ácido ascórbico, capacidad antioxidante disminuye en respuesta al período de almacenamiento, tanto a la salida de cámara como en poscámara.

5- Los frutos tratados con una alta concentración de 1-MCP, ( $1,5 \mu\text{l L}^{-1}$ ) presentan desórdenes fisiológicos y síntomas de toxicidad.

### **1.7.2. Objetivo general**

Evaluar el efecto de diferentes dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento prolongados sobre distintos índices de interés, en frutos de kiwi 'Hayward' producidos en el sudeste de la provincia de Buenos Aires.

### **1.7.3. Objetivos particulares**

\*Establecer la eficacia de diferentes dosis de 1-MCP sobre la retención de la firmeza de frutos de kiwi almacenados durante períodos prolongados.

\*Determinar el efecto de las dosis de 1-MCP sobre la producción de etileno.

\*Determinar el efecto de las dosis de 1-MCP sobre los índices de calidad (contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable y color) y nutracéuticos (capacidad antioxidante y contenido de ácido ascórbico) en función de la dosis aplicada de 1-MCP y el período de almacenamiento, a la salida de frío y en poscámara.

\*Establecer la incidencia y severidad de desórdenes fisiológicos y de síntomas de toxicidad en frutos tratados con una dosis alta de 1-MCP ( $1,5 \mu\text{l L}^{-1}$ ).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Material vegetal y caracterización inicial

Frutos de kiwi (*Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C.F. Liang et A.R. Ferguson cv. 'Hayward') provenientes de un monte comercial ubicado en el sudeste de la provincia de Buenos Aires (37°57'45"S, 57°57'41"O) fueron obtenidos para llevar adelante este estudio. Con el objetivo de cosechar los frutos en madurez fisiológica (mínimo contenido de sólidos solubles totales de 6,2 %, según Pailly *et al.*, 1995), se monitoreó semanalmente la acumulación de los sólidos solubles totales desde principios del mes de abril. La cosecha se realizó el 21 de mayo del 2012, con un contenido de sólidos solubles totales de 6,5% y 15,3% de materia seca. Inmediatamente, la fruta fue transportada al Laboratorio de Poscosecha y Calidad de Frutas y Hortalizas de la Estación Experimental INTA Balcarce.

Para la caracterización inicial se tomaron 350 frutos de tamaño uniforme, libre de defectos y se evaluaron las siguientes variables: color de la pulpa, firmeza de la pulpa, contenido de materia seca, contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de ácido ascórbico y capacidad antioxidante total, siguiendo las metodologías descriptas más adelante.

El resto de la fruta se dispuso, durante 48 horas, en un ambiente ventilado a fin de cicatrizar la herida peduncular producida al momento de separar el fruto de la planta madre. A esta práctica se la denomina "proceso de curado" y es fundamental para evitar futuras pudriciones durante el período de almacenamiento, principalmente producidas por *Botrytis cinerea*. Los frutos curados permanecieron 24 h en cámara a 0 °C hasta la aplicación de los tratamientos.

### 2.2. Aplicación de los tratamientos y diseño experimental

Para realizar la aplicación de las distintas dosis de 1-MCP (0,0; 0,5; 1,0; 1,5  $\mu\text{l L}^{-1}$ ) se utilizaron contenedores de 0,1m<sup>3</sup> con cierre hermético. Los frutos no tratados con 1-MCP (0,0  $\mu\text{l L}^{-1}$ ) se denominarán 'Controles'. Se dispusieron doce contenedores en total, y se asignaron tres contenedores a cada dosis y tres al control. Se colocaron frutos curados en cada contenedor y se aplicaron las distintas dosis utilizando una formulación en polvo de 1-metilciclopropeno (1-MCP), SmartFresh™ (Dow AgroSciences, USA), con 0,14% de ingrediente activo. Siguiendo las recomendaciones

de la compañía, el 1-MCP se colocó en un frasco herméticamente cerrado. El producto se disolvió con agua Mili\_Q a 30 °C, aplicada a través de la tapa mediante una jeringa. El frasco se colocó dentro del contenedor con la fruta, se removió la tapa para permitir la liberación del gas y rápidamente se cerró y selló el contenedor. De esta manera permanecieron a 0 °C durante 24 h. Al finalizar este período, los contenedores fueron abiertos y ventilados. La mitad de la fruta de cada contenedor fue llevada a almacenamiento prolongado durante 6 meses y la otra mitad, durante 7 meses. Las condiciones de cámara fueron: 0 °C, 90% de humedad relativa, ambiente con control de etileno, mediante el uso de un filtro conteniendo pellets de permanganato potásico (KMnO<sub>4</sub>). El ensayo se realizó bajo un diseño de parcelas divididas, con las dosis de 1-MCP asignadas a las parcelas principales y los períodos de almacenamiento a las subparcelas. En la Figura 2 se esquematiza la secuencia de operaciones, desde el curado de los frutos hasta el almacenamiento en cámara de frío.

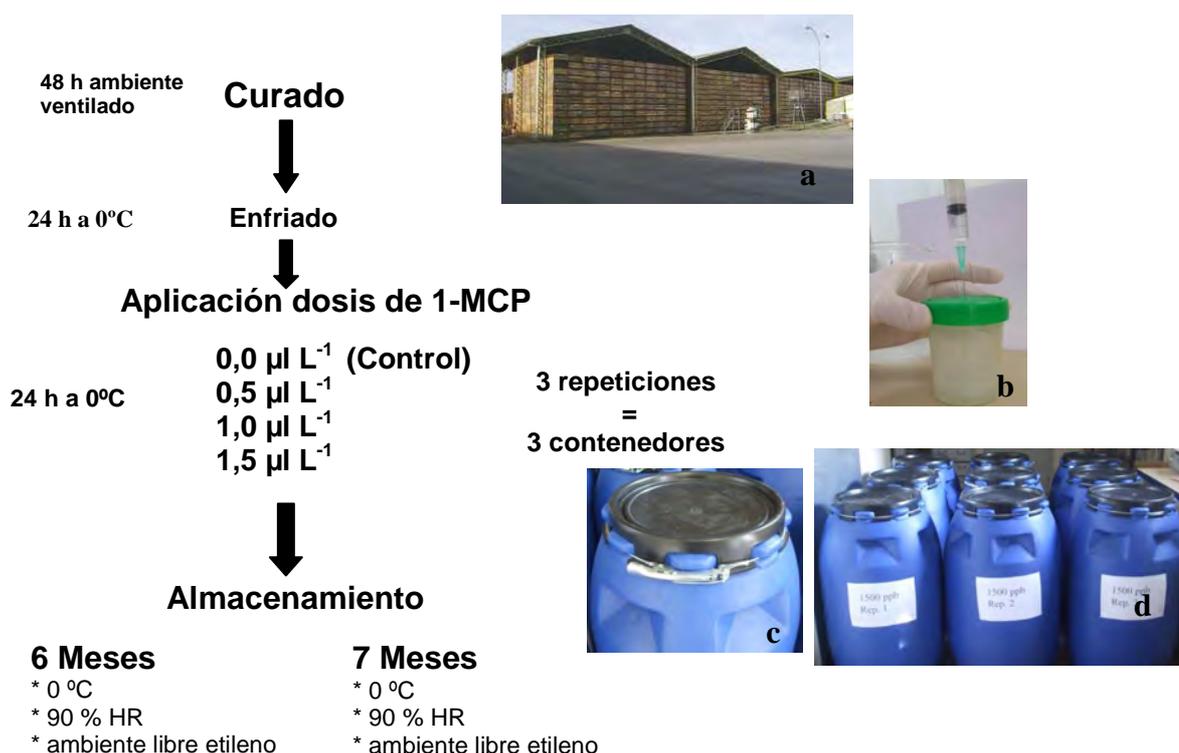


Figura 2: Esquema de los procesos y de los tratamientos realizados. **(a)** Proceso de curado en ambiente ventilado para favorecer la cicatrización de la herida peduncular. **(b)** disolución del 1-MCP formulado en polvo con agua Mili\_Q a 30 °C. Luego de colocar los kiwis en cada contenedor se realizaron las aplicaciones de las distintas dosis y se sellaron herméticamente **(c y d)**. Transcurridas 24 h se abrieron los

contenedores, se ventilaron y la fruta fue llevada a almacenamiento prolongado durante 6 y 7 meses.

### **2.3. Determinaciones realizadas en los frutos: Momentos de medición y metodologías utilizadas**

#### **2.3.1. Momentos de medición**

##### **2.3.1.1. A la salida de cámara de frío**

A los 6 y 7 meses de almacenamiento a 0 °C, se tomaron 30 frutos por tratamiento y por repetición para evaluar la calidad de la fruta en términos de: color de la pulpa, firmeza de la pulpa, contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de ácido ascórbico y capacidad antioxidante total, siguiendo las metodologías más adelante descritas.

##### **2.3.1.2. A los 7 días a 20 °C luego del almacenamiento refrigerado (poscámara)**

A los 6 y 7 meses de almacenamiento a 0° C, se tomaron 30 frutos por tratamiento y repetición y se mantuvieron durante 7 días a 20 °C (poscámara). La calidad de esta fruta fue evaluada en términos de color de la pulpa, firmeza de la pulpa, contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de ácido ascórbico y capacidad antioxidante total, siguiendo las metodologías más adelante descritas.

##### **2.3.1.3. Diariamente en poscámara**

Para explicar la normal reversión del efecto de 1-MCP, se registró diariamente el porcentaje de frutos que alcanzó un valor de firmeza inferior o igual a 12 N (considerado como 'firmeza de consumo') antes de presentar síntomas evidentes de deshidratación y pérdida de valor comercial. La evaluación de firmeza se realizó siguiendo el procedimiento que se indica en el apartado 2.3.2.2. Además se evaluó la presencia de síntomas de toxicidad tales como pulpa granulosa, translucencia de la columela y dureza de la columela, esta última según la escala utilizada por Sepulveda Parada, (2009). Para cada día de evaluación se contó con una bandeja conteniendo 30 frutos por tratamiento y por repetición en un ambiente acondicionado a 20 °C.

### 2.3.1.4. Durante 2 semanas en poscámara

Se midió la tasa de producción de etileno ( $\mu\text{l kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) de los frutos almacenados por 6 y 7 meses a 0 °C luego de ser transferidos a 20 °C. Las mediciones se realizaron a los días 1, 3, 5, 7, 10, 12 y 14.

### 2.3.2. Metodologías utilizadas

#### 2.3.2.1. Color de la pulpa

El color de la pulpa se determinó en cada fruto en la zona ecuatorial, sin su piel (o epicarpo). Se utilizó un colorímetro MINOLTA CR-310, calibrado con una placa blanca (Y:92,0; x:0,3137; y:0,3199). El color se midió en la escala CIE Lab\*, cuyos parámetros son:

**L\***, relacionado con la luminosidad o brillo que presenta una superficie y se define en una escala con valores que van desde el 0 (negro) hasta el 100 (blanco);

**a\***, coordenada que se extiende desde el verde (mínimo valor negativo) al rojo (máximo valor positivo);

**b\***, coordenada que comprende desde el azul (mínimo valor negativo) al amarillo (máximo valor positivo).

Con los valores de estos parámetros se calculó el índice de color de la pulpa (IC), mediante la siguiente fórmula citada por Vignoni *et al.* (2006):

$$IC = \frac{a^* \times 1000}{b^* \times L^*}$$

Los valores de IC son negativos para el color verde; menor valor de IC (más negativo) es indicativo de un color verde más intenso.

#### 2.3.2.2. Firmeza de la pulpa

Cuando los frutos alcanzaron una temperatura de 20 °C, se midió la firmeza de la pulpa sobre la zona ecuatorial en las caras opuestas del fruto sin la piel. Se utilizó un penetrómetro tipo EFFEGI, que mide la resistencia máxima de los tejidos del mesocarpo al introducir un puntal de diámetro conocido (7,9 mm), hasta una profundidad de 0,5 cm y a una presión que puede variar con el operador. Para evitar este tipo de error, en este trabajo todas las mediciones de firmeza fueron realizadas por la misma persona. El resultado se expresó en Newtons (N).

### 2.3.2.3. Contenido de sólidos solubles totales

El extremo distal de cada fruto fue cortado a 2,5 cm de altura y lo mismo se hizo en el extremo proximal. De ambas secciones y presionando manualmente, se extrajeron 3 a 4 gotas de cada uno de los cortes para determinar el contenido de sólidos solubles totales (SST), utilizando un refractómetro digital autocompensado ATAGO Palette  $\alpha$  series modelo 3442-E04 (Atago, Tokio, Japón). El resultado fue expresado en porcentaje.

### 2.3.2.4. Contenido de materia seca

El contenido de materia seca se determinó siguiendo el protocolo de Crisosto *et al.* (2008). Se cortó una rodaja de 2 mm de espesor de la zona ecuatorial de cada uno de los 30 frutos. Cada rodaja se colocó sobre un vidrio reloj numerado, se pesó en una balanza analítica VIBRA (Shinko Denshi Co. Ltd., Tokio, Japón), de 0,0001 g de precisión, y se dispuso en un deshidratador EZIDRI (Hydraflow Ltd., Upper Hutt, Nueva Zelanda) a 65 °C durante 24 h. Posteriormente se pesó la rodaja seca y se estimó el porcentaje de materia seca.

### 2.3.2.5. Acidez titulable

Para determinar la acidez titulable (AT) se obtuvo el jugo de 30 frutos por repetición con una juguera centrífuga, utilizando una rodaja de 1,5 cm de espesor de la zona ecuatorial de cada fruto. La acidez titulable se determinó por titulación con NaOH 0,1 N hasta alcanzar un pH de 8,1, sobre una muestra de 10 ml de jugo diluido en 100 ml de agua destilada. Se utilizó un titulador automático Titralab 90 (Radiometer Medical APS, Bronshoj, Dinamarca), valorando el contenido de ácido cítrico mediante el siguiente cálculo:

$$\text{Acidez titulable(\%)} = \frac{\text{ml}_{\text{NaOH}} \cdot N_{\text{NaOH}} \cdot \text{g}_{\text{meq Ácido Cítrico}}}{\text{ml}_{\text{Muestra}}} \cdot 100$$

Donde:

$\text{ml}_{\text{NaOH}}$ : mililitros de NaOH

$N_{\text{NaOH}}$ : normalidad del NaOH

$g_{\text{meq ácido cítrico}}$ : Peso de 1 miliequivalente de ácido cítrico en gramos

$ml_{\text{Muestra}}$ : mililitros de muestra

### 2.3.2.6. Contenido de ácido ascórbico

Muestras de pulpa de kiwi fueron congeladas con nitrógeno líquido, molidas y conservadas en ultrafreezer al  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  para su posterior utilización. La técnica utilizada para la extracción del ácido ascórbico fue descrita por Ke *et al.* (1994). Brevemente, se tomaron 2 g de la muestra de pulpa molida y congelada, se agregaron 4 ml de ácido oxálico al 1%. La muestra se agitó durante 20 minutos a 145 rpm y se llevó a  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  y oscuridad durante 2 horas. Posteriormente, las muestras fueron centrifugadas durante 20 minutos a 15000 rpm a  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . El sobrenadante fue filtrado en microfiltros de 6 nm de tamaño de poro. El filtrado fue utilizado para determinar el contenido de ácido ascórbico por cromatografía líquida de alta performance. Se utilizó un HPLC Agilent Technology Series 1100, equipado con una columna Phenomenex Luna 5u C18(2) 100A, con fase móvil de ácido orto-fosfórico (pH 2,2) en un caudal o flujo de  $0,5\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$  y un volumen de inyección de 20  $\mu\text{l}$ .

### 2.3.2.7. Capacidad antioxidante total

La capacidad antioxidante total fue determinada de acuerdo al método del radical libre 2,2 difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) descrito por Brand Williams *et al.* (1995) que determina la capacidad de una muestra de captar radicales libres. El mismo se fundamenta en la coloración púrpura del DPPH, que se decolora progresivamente cuando se añade un extracto etanólico conteniendo las sustancias antioxidantes presentes en una muestra. Este cambio sigue la ley de Lambert y Beer, por lo que la capacidad antioxidante total puede determinarse midiendo la absorbancia.

Muestras de pulpa de kiwi fueron congeladas con nitrógeno líquido, molidas y conservadas en ultrafreezer al  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  para su posterior utilización. Se pesaron 2 g del polvo y homogeneizaron en frío con 12 ml de etanol, dejando que la extracción tenga lugar durante 30 minutos en un shaker orbital a 140 rpm, seguida de un depósito en heladera durante 2 horas y ulterior centrifugación a  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 4000 rpm durante 30 minutos. Se descartó el pellet y recuperó el sobrenadante (extracto etanólico).

Para la cuantificación de la capacidad antioxidante total se pusieron en contacto 1000  $\mu\text{l}$  de DPPH 100  $\mu\text{M}$  con alícuotas de 10, 30, 50 y 70  $\mu\text{l}$  del extracto

etanólico, cada una de ellas por triplicado. Los volúmenes finales fueron ajustados a 3500  $\mu\text{l}$  con etanol. Se dejó reaccionar durante 1 hora a temperatura ambiente y se midió la absorbancia de las muestras y del blanco (1000  $\mu\text{l}$  DPPH + 2500  $\mu\text{l}$  etanol) a 515 nm con un espectrofotómetro Bio-Rad SmartSpec™ 3000. El porcentaje de DPPH remanente en función del volumen de extracto utilizado fue graficado para obtener la cantidad de muestra necesaria para reducir en un 50% la concentración inicial del DPPH, que se define como eficiencia de conversión del 50% (EC50).

#### **2.3.2.8. Producción de etileno**

Se tomaron 8 frutos sanos de cada tratamiento y repetición. Cada uno fue colocado en un recipiente de vidrio de un volumen de 360 ml. Para medir la producción individual de etileno se incubó cada fruto cerrando el recipiente herméticamente durante 1 hora a 20 °C. Con una jeringa de 1 ml y a través de un septo de silicona realizado en la tapa, se extrajeron muestras por duplicado del aire contenido en el interior de cada envase. Posteriormente, se inyectó 0,5 ml de cada muestra en un cromatógrafo gaseoso GC-17A SHIMADZU (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japón), equipado con un detector FID (Flame ionization detector) y una columna GSQ de 30m x 0.53mm. Se utilizó  $\text{N}_2$  como gas transportador ('carrier') y las temperaturas de trabajo de la columna, inyector y detector fueron de 40, 100 y 200 °C, respectivamente.

Se calculó la tasa de producción de etileno en  $\mu\text{l C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . Para esto se pesó cada fruto y se midió el volumen libre de aire del envase en el que estaba contenido. La determinación de la producción de etileno se realizó regularmente los días 1, 3, 5, 7, 10, 12 y 14.

#### **2.4. Análisis estadístico**

Se realizó el análisis de la varianza de sólidos solubles totales, acidez titulable, índice de color, capacidad antioxidante total y contenido de ácido ascórbico de acuerdo a la estructura de parcelas divididas del ensayo. Se analizaron efectos de interacción y principales de las dosis de 1-MCP y los períodos de almacenamiento, tanto a salida de frío como a los 7 días de poscámara. Las comparaciones de medias a *posteriori*, en caso de ser necesarias, se realizaron con la prueba de mínima diferencia significativa (MDS ajustada por Bonferroni,  $\alpha=0,05$ ). Los análisis estadísticos se realizaron en R (R Core Team, 2013).

Los efectos de las dosis de 1-MCP y los períodos de almacenamiento sobre la firmeza de la pulpa de kiwi se analizaron de dos maneras. Por un lado se analizaron los valores de firmeza medidos en N tal como se describió en la sección 2.3.2.2. En este caso se realizó un análisis análogo al descrito anteriormente. Por otro lado, se decidió analizar la proporción de frutos que se encuentra en diferentes categorías, definidas por la firmeza de los frutos. Para ello se definieron cinco categorías de acuerdo a la opinión que podrían tener los consumidores, teniendo como base la firmeza del fruto (Tabla 1). Si bien es una categorización subjetiva, reviste importancia por la información que puede brindar. A modo de ejemplo, si la fruta estuviese en el rango de 19,5 N o mayor, perteneciendo a la categoría ‘demasiado firme’, es indicativo que está en condiciones de ser comercializada a mercados lejanos, incluyendo la exportación. Frutos cercanos a la firmeza ‘óptima para el consumo’ deberán ser comercializados en mercados locales o poco distantes para evitar que el consumidor reciba kiwis demasiado blandos o que el minorista tenga un elevado porcentaje de descarte.

Tabla 1: Categorías de frutos de kiwi definidas según la firmeza medida en forma experimental y su evaluación sensorial.

<b>Rangos de firmeza (N)</b>	<b>Categorías</b>
19,5 o más	Demasiado firme
12 o más, y menos de 19,5	Firme
7,8 o más y menos de 12	Óptimo para el consumo
5,9 o más, y menos de 7,8	Blando
Menos de 5,9	Descarte

Para analizar esta variable en función de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento se ajustaron modelos logit con respuesta multinomial (Agresti, 2002) o simplemente modelos multinomiales, uno para los datos de salida de frío y otro con los datos de poscámara (7 días a 20 °C). De esta forma se compararon las distribuciones de los frutos en las categorías de consumo entre las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento, tanto a salida de frío como en poscámara. Los análisis correspondientes a los modelos multinomiales se realizaron en R con funciones del paquete nnet (Venables; Ripley, 2002) a través del paquete Rcmdr (Fox, 2005).

Para cada uno de los períodos de almacenamiento a 0 °C (6 y 7 meses), se realizó un análisis de la varianza de la producción de etileno. Ambos análisis permitieron evaluar los efectos de las dosis de 1-MCP, los efectos de los días

transcurridos en poscámara a 20 °C, y los efectos de interacción entre ellos, para cada periodo de almacenamiento poscosecha. Las comparaciones de medias a *posteriori*, cuando fueron necesarias, se realizaron con la prueba de mínima diferencia significativa (MDS ajustada por Bonferroni,  $\alpha=0.05$ ). Los análisis estadísticos mencionados se realizaron en R (R Core Team, 2013).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Efecto de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento sobre la firmeza de la pulpa

Luego de 6 meses a 0 °C, los kiwis tratados con 1-MCP (0,5, 1,0 y 1,5  $\mu\text{L}^{-1}$ ) resultaron significativamente más firmes que los frutos controles. Después de 7 meses a 0 °C, las dosis de 0,5  $\mu\text{L}^{-1}$  y 1,0  $\mu\text{L}^{-1}$  fueron las únicas que difirieron del control, reduciendo significativamente la pérdida de firmeza. Los frutos tratados con 1-MCP (0,5, 1,0 y 1,5  $\mu\text{L}^{-1}$ ) resultaron más firmes a los 6 meses respecto de los 7 meses, mientras que no hubo cambios significativos en la firmeza de los controles entre ambos períodos (Fig. 3).

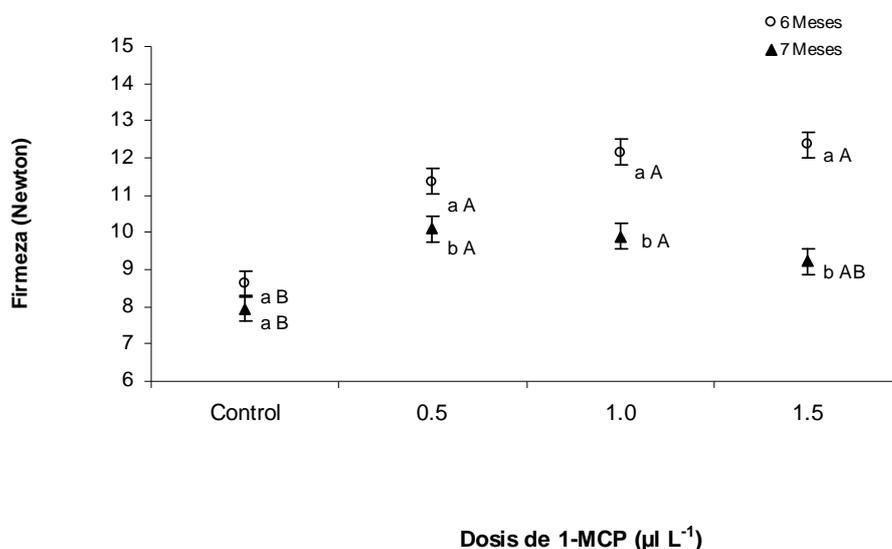


Figura 3: Firmeza de la pulpa en kiwi "Hayward" control y tratado con diferentes dosis de 1-MCP, a la salida de frío correspondiente a los 6 y 7 meses de almacenamiento. Cada valor representa el promedio de 30 frutos  $\pm$  el desvío estándar en cada salida de frío (6 y 7 meses) para cada nivel del factor dosis de 1-MCP. Letras minúsculas iguales indican diferencias no significativas entre períodos de almacenamiento para una misma dosis (MDS  $\alpha=0,05$  ajustado por número de comparaciones). Letras mayúsculas iguales indican diferencias no significativas entre dosis para un mismo período de almacenamiento (MDS  $\alpha=0,05$  ajustado por número de comparaciones).

Los kiwis tratados con 1-MCP que permanecieron 6 meses a 0 °C seguido de la poscámara de 7 días a 20 °C, resultaron significativamente más firmes que los frutos controles, independientemente de la dosis aplicada. Luego de 7 meses a 0 °C seguidos de 7 días a 20 °C, también los frutos tratados con 1-MCP resultaron más firmes que los frutos controles, siendo las dosis de 0,5  $\mu\text{l L}^{-1}$ , seguida por la de 1,0  $\mu\text{l L}^{-1}$ , las que redujeron más eficazmente la pérdida de firmeza. Del análisis de los cambios de firmeza entre las poscámaras correspondientes a los 6 y 7 meses de almacenamiento en frío, se encontró que sólo los frutos tratados con 0,5  $\mu\text{l L}^{-1}$  de 1-MCP tuvieron la misma firmeza entre ambos períodos, mientras que para 1,0  $\mu\text{l L}^{-1}$ , 1,5  $\mu\text{l L}^{-1}$  de 1-MCP y el control la firmeza fue significativamente menor a los 7 meses de almacenamiento (Fig. 4).

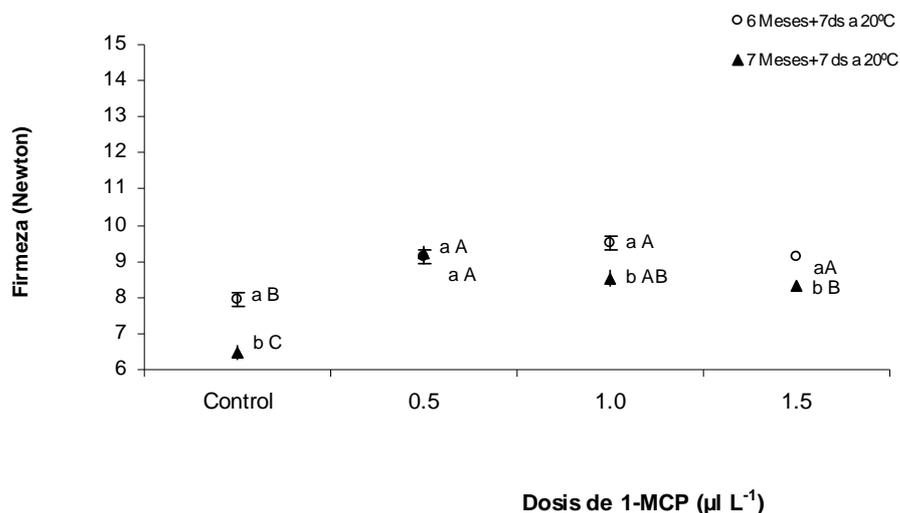


Figura 4: Firmeza de la pulpa en kiwi "Hayward" control y tratado con diferentes dosis de 1-MCP, almacenados durante 6 y 7 meses y transferidos por 7 días a 20 °C. Cada valor representa el promedio de 30 frutos  $\pm$  el desvío estándar en cada poscámara (de los 6 y 7 meses) para cada nivel del factor dosis de 1-MCP. Letras minúsculas iguales indican diferencias no significativas entre períodos de almacenamiento para una misma dosis (MDS  $\alpha=0,05$  ajustado por número de comparaciones). Letras mayúsculas iguales indican diferencias no significativas entre dosis para un mismo período de almacenamiento (MDS  $\alpha=0,05$  ajustado por número de comparaciones).

### 3.2. Efecto de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento sobre la distribución de la firmeza de la pulpa en categorías de consumo

A partir del valor de firmeza de la pulpa medida con el penetrómetro Effegi, los frutos fueron divididos en cuatro categorías: firme ( $12 \leq 19,5\text{N}$ ), óptimo para el consumo ( $7,8 \leq 12 \text{ N}$ ), blando ( $5,9 \leq 7,8\text{N}$ ) y descarte ( $\leq 5,9\text{N}$ ). La categoría “demasiado firme” de la escala utilizada (Tabla 1, Materiales y Métodos) no se observó en ninguno de los tratamientos evaluados y por esta razón no se muestra en la Figura 5.

Las proporciones de frutos en las distintas categorías de firmeza de la pulpa, tanto a la salida de frío como en la poscámara (7 días a  $20^\circ\text{C}$ ), difirieron según la dosis de 1-MCP, incluido el control, dependiendo del período de almacenamiento (interacción dosis x período de almacenamiento significativa;  $p= 0,05$ ).

En las salidas de frío (6 y 7 meses a  $0^\circ\text{C}$ ) no se observaron frutos en la categoría ‘descarte’. En ambos períodos de almacenamiento, tanto a salida de frío como en sus correspondientes poscámaras, la distribución de los frutos en las categorías de firmeza para el tratamiento control difirió de la correspondiente a cualquiera de las dosis de 1-MCP aplicadas ( $p<0.0001$ ), sin diferencias significativas entre éstas (Fig. 5).

A la salida de frío correspondiente a los 6 meses de almacenamiento a  $0^\circ\text{C}$  y promediando las proporciones de frutos correspondientes a las tres dosis de 1-MCP evaluadas, la mitad de los frutos tratados con 1-MCP se encontró ‘firme’ y el resto, ‘óptimo para el consumo’, sin presencia de frutos en la categoría ‘blando’. En cambio, en el control el 7% resultó ‘firme’, el 70% se encontró en la categoría ‘óptimo para el consumo’ y el 23% de los frutos correspondió a la categoría ‘blando’ (Fig. 5).

En la poscámara correspondiente a 6 meses de almacenamiento refrigerado, el porcentaje de frutos en la categoría ‘blando’ en el tratamiento control fue del 31%, resultando ‘óptimo para el consumo’ el 69% restante. El 8% de los frutos tratados con 1-MCP, se categorizó como ‘blando’ y más del 90% se encontró ‘óptimo para el consumo’ (Fig. 5).

A salida de frío luego de 7 meses de almacenamiento a  $0^\circ\text{C}$ , el 28% de los frutos controles resultó ‘blando’ y el 72% ‘óptimo para el consumo’, a diferencia de los frutos tratados con 1-MCP en los que un 10% resultó ‘blando’, el 80% ‘óptimo para el consumo’ y el 10% aún en la categoría ‘firme’ (Fig. 5).

En la poscámara correspondiente a 7 meses de almacenamiento refrigerado, la proporción de frutos en la categoría ‘blando’ en el control fue de 60%, el 25% en ‘óptimo para el consumo’ y 15% de los frutos restantes en la categoría ‘descarte’. Con

cualquiera de las dosis de 1-MCP aplicadas, alrededor del 21% de frutos resultó 'blando' mientras que un 79% se encontró en condición 'óptimo para el consumo'.

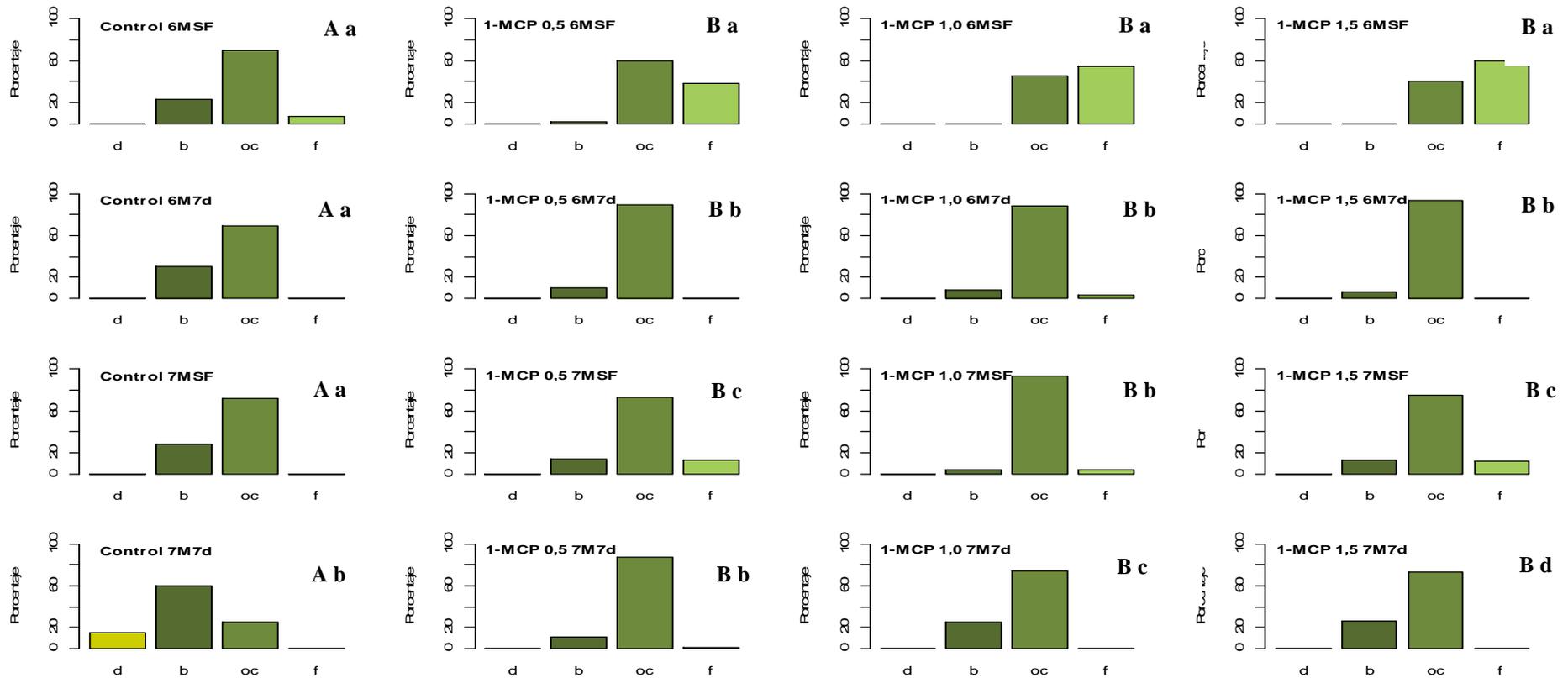


Figura 5: Distribución de los frutos en las categorías de consumo según valor de firmeza, para cada dosis de 1-MCP y período de almacenamiento (6M: 6 meses, 7M: 7 meses), a la salida de frío (SF) y en la poscámara (7 días a 20°C, 7d). Categorías: descarte (d), blando (b), óptimo para el consumo (oc), firme (f). Letras mayúsculas iguales indican diferencias no significativas entre dosis para un mismo período de almacenamiento (Léase de izquierda a derecha  $\alpha=0.05$ ) Letras minúsculas iguales indican diferencias no significativas entre períodos de almacenamiento para una misma dosis (Léase de arriba hacia abajo  $\alpha=0.05$ ).

### 3.3. Efecto de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento sobre el contenido de sólidos solubles totales

Tanto a la salida de frío como en la poscámara se encontraron efectos principales de los factores dosis de 1-MCP ( $p_{SF}=0,01$ ,  $p_{7ds}=0,03$ ) y período de almacenamiento ( $p_{SF}=0,002$ ,  $p_{7ds}=0,0001$ ) sobre el contenido de sólidos solubles totales. A la salida de frío y para ambos períodos de almacenamiento a 0 °C (6 y 7 meses), el contenido de sólidos solubles totales disminuyó con el aumento de la dosis de 1-MCP, aunque la dosis de 0,5  $\mu\text{L}^{-1}$  no resultó estadísticamente diferente al control. Si bien en la poscámara, los resultados mostraron una tendencia similar, se destaca que los frutos tratados con 1,5  $\mu\text{L}^{-1}$  de 1-MCP fueron los de menor contenido de sólidos solubles totales, difiriendo de la dosis más baja de 1-MCP y el control (Fig. 6).

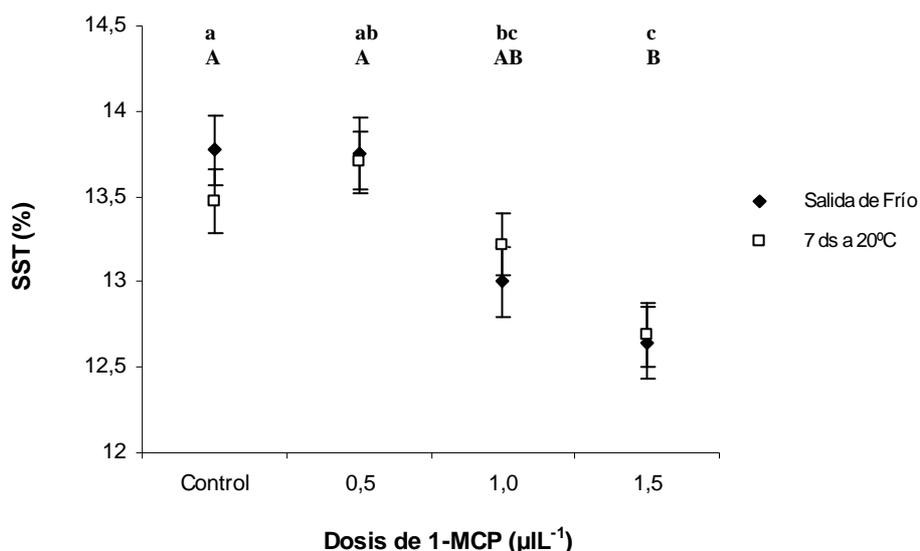


Figura 6: Contenido de sólidos solubles totales en kiwi 'Hayward', control y tratado con diferentes dosis de 1-MCP, a la salida de frío y en poscámara (7 días a 20 °C). Cada valor representa el promedio de 30 frutos  $\pm$  el desvío estándar de ambas salidas de frío (6 y 7 meses) o de sus poscámaras (7 días a 20 °C), para cada nivel del factor dosis de 1-MCP. Letras minúsculas iguales indican diferencias no significativas entre dosis de 1-MCP a la salida de frío (MDS  $\alpha=0,05$  ajustado por número de comparaciones). Letras mayúsculas iguales indican diferencias no significativas entre dosis de 1-MCP en la poscámara (MDS  $\alpha=0,05$  ajustado por número de comparaciones).

Independientemente de la dosis de 1-MCP aplicada, el contenido de sólidos solubles totales resultó mayor a los 7 meses respecto de los 6 meses de almacenamiento refrigerado, tanto a la salida de frío como en la poscámara (Fig. 7).

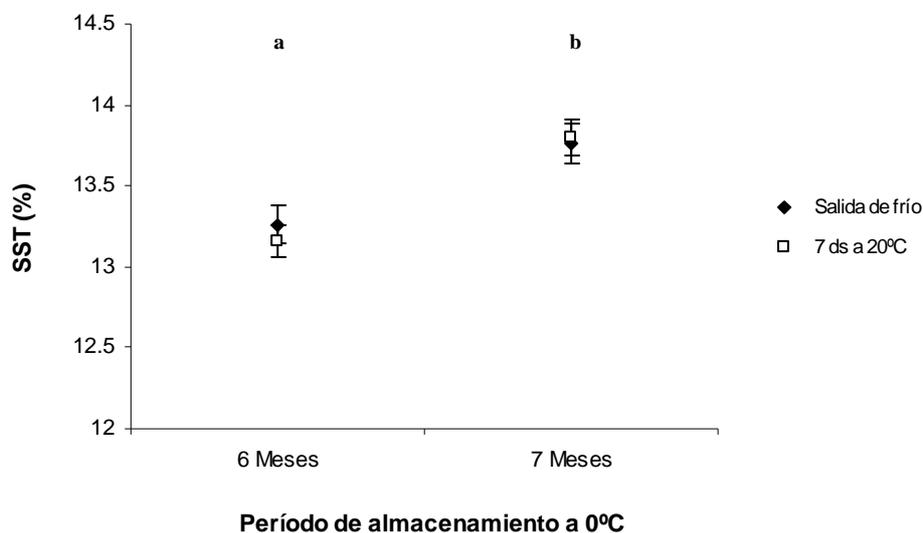


Figura 7: Contenido de sólidos solubles totales en kiwi 'Hayward' almacenado 6 y 7 meses. Se presentan los valores a la salida de frío y en la poscámara (7 días a 20°C). Cada valor representa el promedio  $\pm$  el desvío estándar de los valores de los tratamientos con 1-MCP y el control para cada período de almacenamiento. Letras minúsculas iguales indican diferencias no significativas entre períodos de almacenamiento tanto a la salida de frío como en poscámara (MDS  $\alpha=0,05$  ajustado por número de comparaciones).

### 3.4. Efecto de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento sobre la acidez titulable

Considerando los valores a salida de frío, la acidez titulable (AT) fue afectada significativamente por la dosis de 1-MCP aplicada ( $p=0,02$ ), independientemente del período de almacenamiento (interacción dosis x período de almacenamiento no significativa;  $p=0,5$ ), sin efecto significativo del período de almacenamiento ( $p=0,86$ ).

En la Figura 8 se muestra la disminución significativa de la AT con el aumento de la dosis de 1-MCP, para salida de frío, promedio de ambos períodos de almacenamiento (6 y 7 meses), resultando menos ácidos los frutos tratados con  $1,0 \mu\text{L}^{-1}$  y  $1,5 \mu\text{L}^{-1}$  respecto del control.

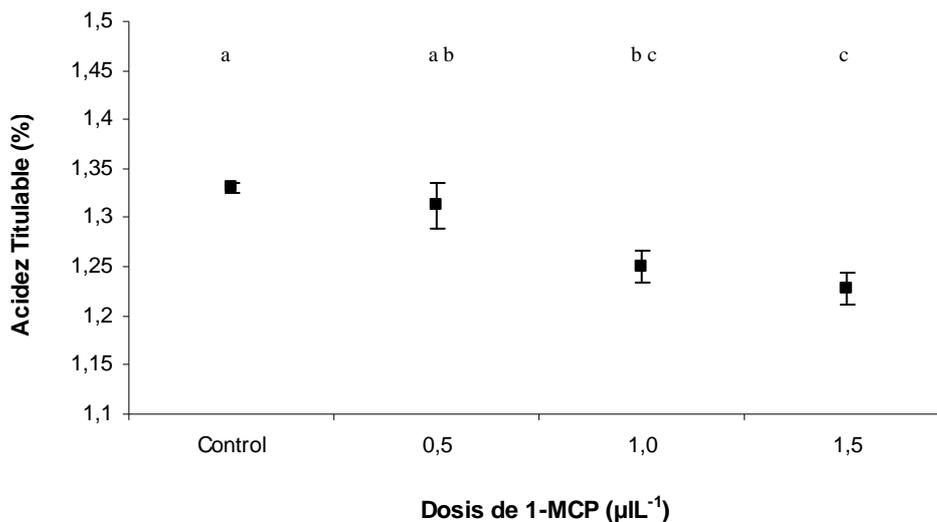


Figura 8: Acidez titulable en kiwi 'Hayward' control y tratado con diferentes dosis de 1-MCP correspondiente a la salida de frío. Cada valor representa el promedio  $\pm$  el desvío estándar de los valores de ambos períodos de almacenamiento para cada nivel del factor dosis de 1-MCP. Letras iguales indican diferencias no significativas entre dosis de 1-MCP (MDS  $\alpha=0,05$  ajustado por número de comparaciones).

En poscámara la AT no fue afectada por los factores bajo estudio, no se detectó interacción ( $p=0,42$ ), ni efectos de la dosis de 1-MCP ( $p=0,8$ ) ni del período de almacenamiento ( $p=0,5$ ). En promedio la AT fue de 1,19%.

### 3.5. Efecto de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento sobre el índice de color

Tanto a la salida de frío, como en poscámara, el índice de color de la pulpa fue afectado únicamente por el período de almacenamiento ( $p_{SF}=0,003$  y  $p_{7ds}=0,002$ ). En la Figura 9a se muestran los resultados para salida de frío, en los que se puede observar que aquellos frutos mantenidos 7 meses a 0 °C presentaron un color verde menos intenso que aquellos almacenados durante 6 meses. Similar comportamiento se encontró en poscámara (Fig. 9b).

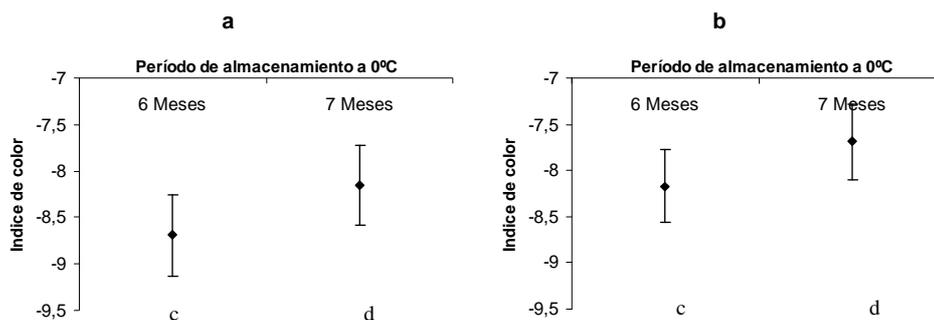


Figura 9: Índice de color en kiwi 'Hayward' a la salida de frío (a) y en poscámara (b) de los 6 y 7 meses de almacenamiento a 0°C. Cada valor representa el promedio  $\pm$  el desvío estándar considerando todos los datos de las dosis de 1-MCP y el control para cada período de almacenamiento. Letras iguales indican diferencias no significativas entre períodos de almacenamiento a 0°C (MDS  $\alpha=0,05$  ajustado por número de comparaciones).

### 3.6. Efecto de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento sobre los desórdenes fisiológicos y/o toxicidad

No se observaron síntomas de toxicidad, tales como manchas o depresiones, pulpa granulosa, translucencia de la columela y/o dureza de la columela, ni frutos con desórdenes fisiológicos que afectaran el normal proceso de maduración organoléptica, para ninguno de las dosis con 1-MCP. Esto se demostró cuando todos los frutos almacenados por 6 o 7 meses y transferidos a 20°C, alcanzaron la firmeza de consumo transcurridas las primeras 48 h. En la Tabla 2 se puede observar que el 100% de los frutos controles alcanzaron la firmeza de consumo durante las primeras 24 h, para ambos períodos de almacenamiento, mientras que el 92% de los kiwis tratados con 0,5  $\mu\text{l L}^{-1}$  de 1-MCP alcanzaron la firmeza de consumo a las 24 h. Por último, de los frutos tratados con 1,0  $\mu\text{l L}^{-1}$  y 1,5  $\mu\text{l L}^{-1}$  almacenados por 6 meses a 0°C, el 80% y 85% respectivamente, alcanzaron la firmeza de consumo a las 24 h. Después de 7 meses de almacenamiento a 0°C el 98% y 99% de los frutos tratados con 1,0  $\mu\text{l L}^{-1}$  y 1,5  $\mu\text{l L}^{-1}$  respectivamente, alcanzaron la firmeza de consumo a las 24 h. Independientemente de la dosis y el período de almacenamiento, a las 48h de exposición a 20 °C el 100% de los frutos alcanzó la firmeza de consumo.

Tabla 2: Proporción de frutos almacenados por 6 o 7 meses a 0 °C que presentaron firmeza de consumo al transferirlos durante 24 y 48h a 20°C

Dosis de 1-MCP	Proporción de frutos (%) con firmeza de consumo			
	6 Meses a 0 °C		7 Meses a 0 °C	
	24h 20 °C	48h 20 °C	24h 20 °C	48h 20 °C
Control	100	100	100	100
0,5 $\mu\text{l L}^{-1}$	92	100	92	100
1,0 $\mu\text{l L}^{-1}$	80	100	98	100
1,5 $\mu\text{l L}^{-1}$	85	100	99	100

### 3.7. Efecto de las dosis de 1-MCP sobre la producción de etileno durante la poscámara después de 6 meses de almacenamiento a 0 °C

La producción de etileno en frutos almacenados por 6 meses a 0 °C y dispuestos a 20°C durante 14 días, fue afectada por la interacción dosis x días en poscámara ( $p < 0.0001$ ). Se observaron diferencias significativas entre el control y cualquiera de las dosis de 1-MCP (0,5, 1,0 y 1,5  $\mu\text{l L}^{-1}$ ) para los días 3 y 5 ( $p < 0,005$ ). En los días restantes, las diferencias fueron no significativas. Como muestra la Figura 10, la producción de etileno, para los días 3 y 5, fue significativamente más alta en los frutos controles respecto de cualquiera de las dosis aplicadas de 1-MCP. Cuando se analizó la evolución de la producción de etileno, a través del tiempo, se encontró un aumento significativo en el control entre el primer y tercer día relacionado con el climaterio. En los frutos tratados con 0,5  $\mu\text{l L}^{-1}$ , se detectó una mayor producción de etileno a los 12 y 14 días, mientras que en las dosis de 1,0 y 1,5  $\mu\text{l L}^{-1}$  no se encontró un cambio significativo.

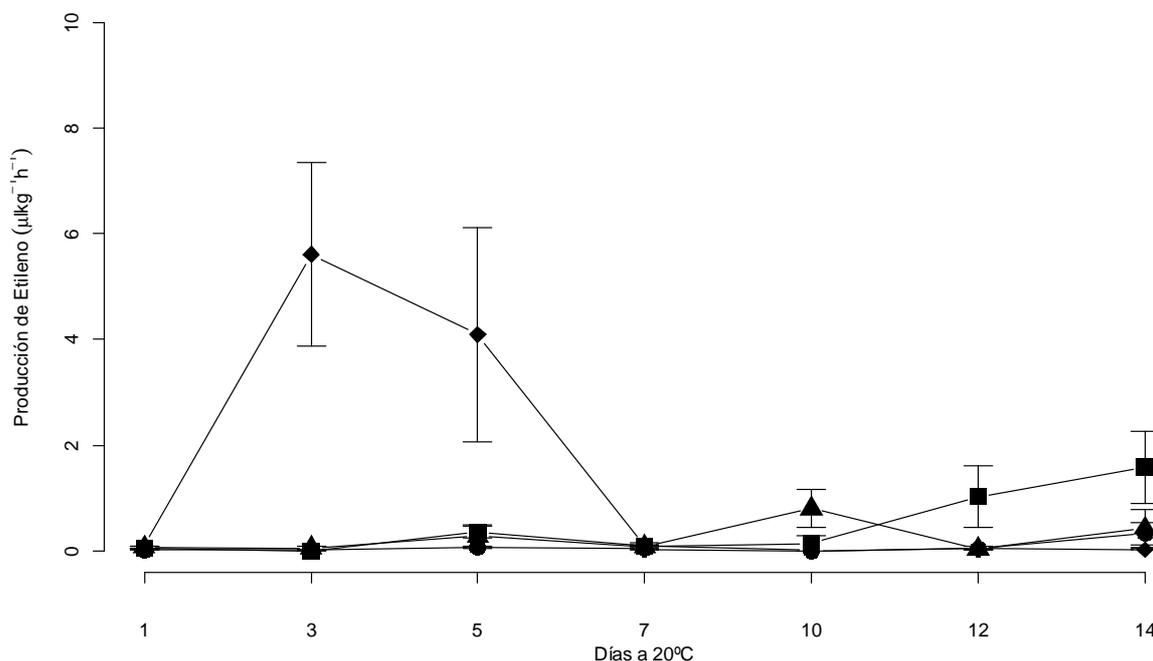


Figura 10: Producción de etileno ( $\mu\text{l kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) en kiwi "Hayward" control (◆), y tratado con 0,5  $\mu\text{l L}^{-1}$  (■), 1,0  $\mu\text{l L}^{-1}$  (●), 1,5  $\mu\text{l L}^{-1}$  (▲) de 1-MCP almacenado a 0 °C durante 6 meses y dispuesto a 20 °C por 14 días. Cada punto representa el promedio  $\pm$  error estándar de 3 repeticiones por tratamiento y cada repetición compuesta de 8 frutos incubados en forma individual. (MDS  $\alpha=0,05$  ajustado por número de comparaciones)

### 3.8. Efecto de las dosis de 1-MCP sobre la producción de etileno durante la poscámara después de 7 meses de almacenamiento a 0 °C

La producción de etileno en frutos almacenados por 7 meses a 0 °C y dispuestos a 20 °C durante 14 días, fue afectada por la interacción dosis x días en poscámara ( $p < 0,04$ ). Se observaron diferencias significativas solo entre el control y la dosis de 1,5  $\mu\text{L}^{-1}$  de 1-MCP para el día 12 ( $p < 0,01$ ). Para el día 14 los frutos controles produjeron significativamente más etileno que los frutos tratados con cualquiera de las dosis ( $p < 0,0008$ ). Para el resto de los días, las diferencias fueron no significativas.

Analizando la evolución de la producción de etileno, a través del tiempo para cada dosis, se observó que los frutos controles registraron un aumento sostenido a partir del séptimo día. Los frutos tratados con 0,5 y 1,0  $\mu\text{L}^{-1}$  de 1-MCP, tuvieron un aumento significativo entre el quinto y séptimo y aquellos tratados con 1,5  $\mu\text{L}^{-1}$  entre el séptimo y décimo día (Fig. 11).

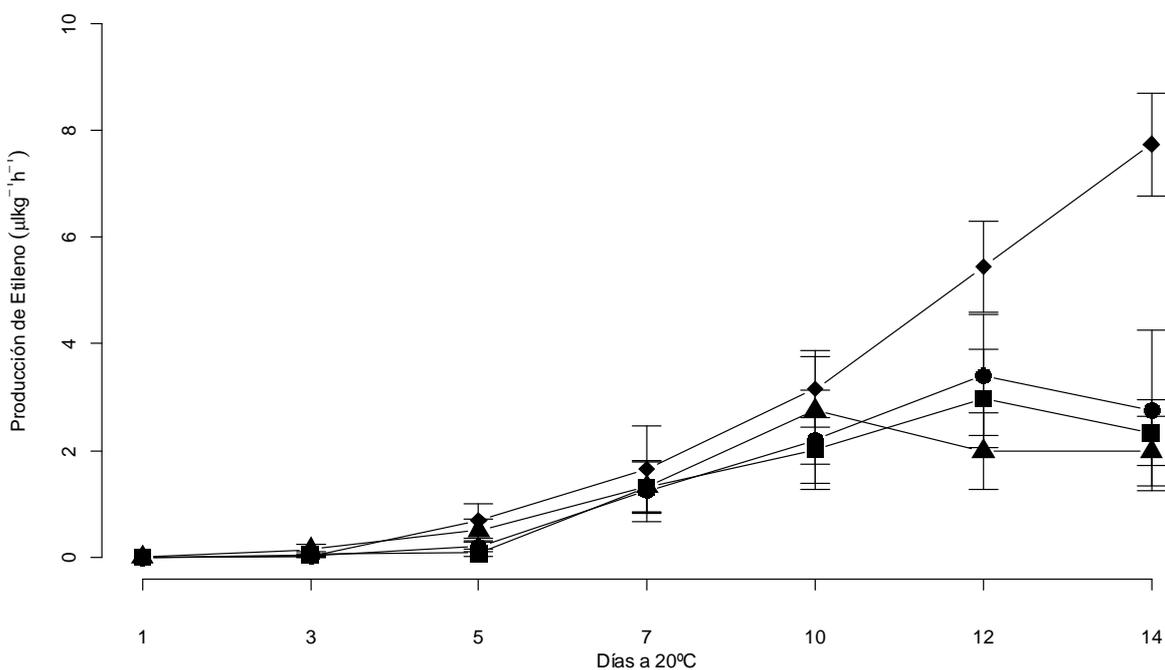


Figura 11: Producción de etileno ( $\mu\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) en kiwi "Hayward" control (◆), y tratado con 0,5  $\mu\text{L}^{-1}$  (■), 1,0  $\mu\text{L}^{-1}$  (●), 1,5  $\mu\text{L}^{-1}$  (▲) de 1-MCP almacenado a 0 °C durante 7 meses y dispuesto a 20 °C por 14 días. Cada punto representa el promedio  $\pm$  error estándar de 3 repeticiones por tratamiento y cada repetición compuesta de 8 frutos incubados en forma individual. (MDS  $\alpha=0,05$  ajustado por número de comparaciones)

### 3.9. Efecto de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento sobre la capacidad antioxidante

A la salida de frío luego del almacenamiento refrigerado, la capacidad antioxidante no fue afectada por los factores bajo estudio, no se detectó interacción ( $p=0,1$ ) ni efecto de la dosis de 1-MCP ( $p=0,1$ ) ni del período de almacenamiento ( $p=0,29$ ). En promedio la capacidad antioxidante a la salida de frío medida como  $EC_{50}$  fue de 31% (Fig. 12a). Tampoco fue afectada por los factores bajo estudio en poscámara, no se detectó interacción ( $p=0,33$ ) ni efecto de la dosis de 1-MCP ( $p=0,1$ ) ni del período de almacenamiento ( $p=0,1$ ). En promedio la capacidad antioxidante en la poscámara medida como  $EC_{50}$  fue de 33% (Fig. 12b).

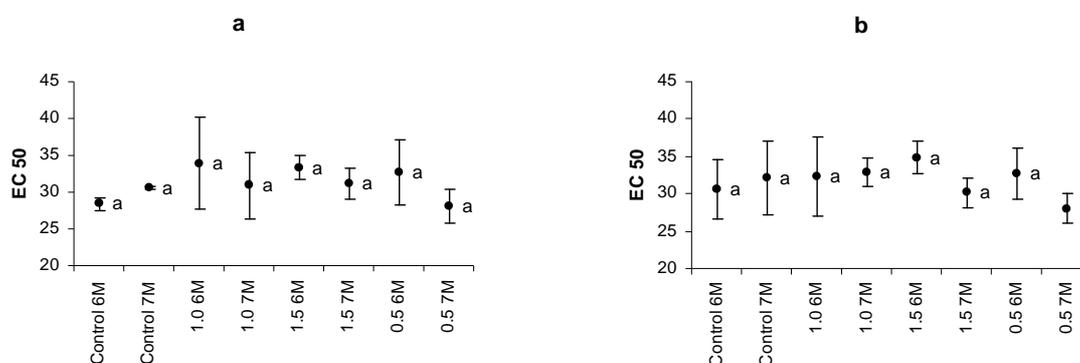


Figura 12: Capacidad antioxidante ( $EC_{50}$ ) en kiwi “Hayward” almacenado durante 6 y 7 meses y tratado y no tratado con diferentes dosis de 1-MCP correspondiente a la salida de frío (a) y a la poscámara (7 d a 20°C) (b). Cada valor representa el promedio  $\pm$  el desvío estándar para cada período de almacenamiento y nivel del factor dosis de 1-MCP.

### 3.10. Efecto de las dosis de 1-MCP y períodos de almacenamiento sobre contenido de ácido ascórbico

A la salida de frío luego del almacenamiento refrigerado, el contenido de ácido ascórbico no fue afectado por los factores bajo estudio, no se detectó interacción ( $p=0,1$ ) ni efecto de la dosis de 1-MCP ( $p=0,5$ ) ni del período de almacenamiento ( $p=0,2$ ). En promedio el contenido de ácido ascórbico a la salida de frío fue de 44,4  $mg100g^{-1}$  peso fresco (Fig. 13a). Tampoco fue afectado por los factores bajo estudio en poscámara, no se detectó interacción ( $p=0,1$ ) ni efecto de la dosis de 1-MCP ( $p=0,06$ ) ni del período de almacenamiento ( $p=0,06$ ). En promedio el contenido de ácido ascórbico en la poscámara fue de 47,3  $mg 100 g^{-1}$  peso fresco (Fig. 13b).

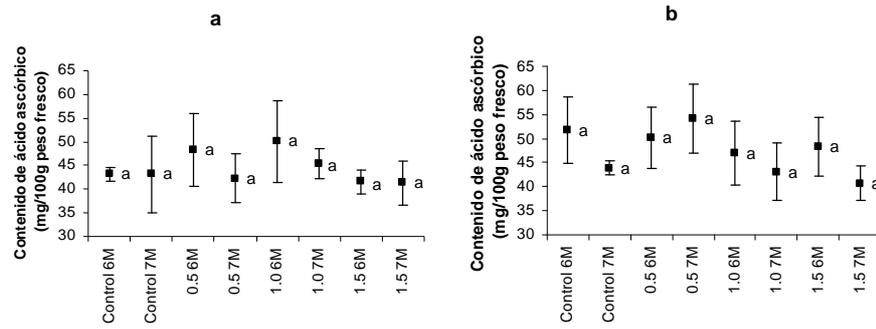


Figura 13: Contenido de ácido ascórbico en kiwi 'Hayward' almacenado durante 6 y 7 meses, tratado y no tratado con diferentes dosis de 1-MCP, correspondiente a la salida de frío (a) y a la poscámara (7 d a 20°C) (b). Cada valor representa el promedio  $\pm$  el desvío estándar para cada período de almacenamiento y nivel del factor dosis de 1-MCP.

## 4. DISCUSIÓN

### 4.1. Ablandamiento y producción de etileno

La firmeza es el mejor predictor de la vida en poscámara para el kiwi (Boquete *et al.*, 2004), a su vez la pulpa es extremadamente sensible al ablandamiento en presencia de concentraciones relativamente bajas de etileno (Given, 1993; Whittaker *et al.*, 1997).

Después de 6 meses de almacenamiento, los frutos controles dispuestos a 20 °C mostraron un comportamiento climatérico típico, ya que al tercer día de poscámara se produjo el pico de producción de etileno. La aplicación de 1-MCP retrasó la iniciación del climaterio y redujo además la producción de etileno durante dos semanas de poscámara (Fig. 10). Este retraso en el climaterio explica el menor ablandamiento detectado en los frutos tratados con cualquiera de las dosis de 1-MCP (0,5; 1,0; 1,5  $\mu\text{l L}^{-1}$ ) respecto del control. Las diferencias en firmeza entre frutos tratados y no tratados con 1-MCP fueron aún más interesantes desde un punto de vista comercial, cuando por el uso de 1-MCP no se detectaron prácticamente frutos en la categoría 'blando' mientras que sí los hubo en el control (23% de la frutos en la categoría 'blando', aunque aptos para el consumo inmediato). Los frutos tratados con cualquiera de las dosis de 1-MCP que estaban en la categoría 'firme' a la salida de frío, pasaron en la poscámara, a la categoría 'óptimo para el consumo' mientras que los frutos que a la salida de frío se encontraban en la categoría 'óptimo para el consumo', mantuvieron su firmeza en la poscámara.

Después de 7 meses de almacenamiento los frutos controles registraron un aumento en la producción de etileno a los largo de la poscámara, comportamiento que pareciera no responder a un patrón climatérico sino que podría deberse al elevado porcentaje de pudriciones observadas. Se ha comprobado que en kiwis inoculados con *Botrytis cinerea* la producción de etileno aumenta debido al crecimiento del micelio del hongo durante la infección e invasión de los tejidos del fruto (Niklis *et al.*, 1997). Los frutos tratados con 1-MCP comenzaron a aumentar la producción de etileno a partir del tercer día y hasta el día 10 y 12, cuando se produjo el pico climatérico (Fig. 11). Este retraso en la ocurrencia del climaterio explica la razón por la que los frutos tratados con 1-MCP, aún después de 7 meses de almacenamiento a 0°C más 7 días de

poscámara a 20°C, se encuentren todavía con una firmeza aceptable para el consumo, a diferencia de los frutos controles que se encontraron demasiado blandos. El 1-MCP no solo retrasó el climaterio sino que además deprimió la producción de etileno, y como resultado, el 80% de los frutos tratados con 1-MCP se encontraron en la categoría 'óptimo para el consumo' a la salida de frío. Lo más interesante es que durante la poscámara este porcentaje se mantuvo. En particular los frutos tratados con 0,5  $\mu\text{l L}^{-1}$  de 1-MCP fueron los que mostraron el menor porcentaje de frutos blandos y mayor proporción de frutos en la categoría 'óptimo para el consumo'. En contraste, el 60% de los frutos controles correspondieron a la categoría 'blando' y un 15%, a 'descarte', categoría que no se presentó en ninguno de los frutos tratados con 1-MCP. Asimismo, los frutos tratados con 0,5  $\mu\text{l L}^{-1}$  de 1-MCP mostraron una distribución de las categorías de firmeza similar a los 6 y 7 meses de almacenamiento, lo que pone en evidencia que los frutos tuvieron mayor capacidad de mantener la firmeza durante un período más prolongado con este tratamiento (Fig. 5).

La aplicación de concentraciones elevadas de 1-MCP (1,5  $\mu\text{l L}^{-1}$ ) no afectó el normal proceso de maduración organoléptica ya que todos los frutos almacenados por 6 y 7 meses y transferidos a 20°C, alcanzaron la firmeza de consumo transcurridas las primeras 48h (Tabla 2). Esto, en un fruto climatérico como el kiwi, es fundamental para el normal desarrollo y expresión de todos sus atributos organolépticos característicos (Watkins, 2006).

#### 4.2. Contenidos de sólidos solubles totales y acidez titulable

La preferencia de los consumidores de kiwis está determinada por un balance equilibrado azúcar-ácido (Jaeger *et al.*, 2003). Si los frutos tienen bajos valores de sólidos solubles totales (SST) (alrededor de 11%), el sabor ácido afectará la percepción del sabor dulce y el flavor, por lo que la aceptación por parte del consumidor será baja (Rossiter *et al.*, 2000). En coincidencia, en un estudio realizado en California se demostró que kiwis con un nivel de SST cercano a 11,6 % presentaron un *flavor* aceptable dependiendo de la acidez del fruto, mientras que aquellos con al menos 12,5 % SST fueron los que más agradaron al consumidor (Crisosto; Kader, 1999; Crisosto; Crisosto, 2001).

El *flavor* y la aceptación son parámetros relacionados con el contenido de materia seca (%MS) en el momento de la cosecha, ya que frutos con bajos valores (menores a 16% de materia seca) son percibidos por los consumidores

como más ácidos y menos dulces (Marsh *et al.*, 2004). Por lo tanto, una alta acumulación de materia seca en el fruto durante el período de crecimiento y maduración es de fundamental importancia sobre la calidad.

Como ya se ha mencionado, la cosecha puede iniciarse cuando el contenido de SST es de al menos 6,2%. Durante la maduración de los frutos en la planta o durante el almacenamiento, el almidón acumulado en el fruto se hidroliza (Burdon *et al.*, 2004), aumentando el contenido de azúcares simples con el consecuente incremento en el contenido de SST.

El porcentaje de materia seca presente en el fruto suele tomarse como un indicador que determina el comienzo de la cosecha y estima la calidad sensorial del fruto maduro (Burdon *et al.*, 2004; Woodward; Clearwater, 2008), ya que su contenido está relacionado con el de los carbohidratos totales, de los cuales entre el 40 y 70% es almidón, que luego es hidrolizado a azúcares solubles. Hay una relación positiva entre el máximo nivel de SST alcanzado en el fruto maduro (Richardson *et al.*, 1997; Burdon *et al.*, 2004; Hall *et al.*, 2006; Woodward, 2006), y el contenido de materia seca que es utilizado como predictor de la calidad poscosecha (Hall *et al.*, 2006). Considerando la relación encontrada entre el %MS y el %SST, se recomienda comenzar la cosecha con un contenido mínimo entre 15,0-16,5% de MS para asegurar una alta aceptabilidad por parte del consumidor (Burdon *et al.*, 2004).

En el presente trabajo, tanto en ambas salidas de frío como en sus poscámaras, se encontró que los frutos tratados con  $1,0 \mu\text{L}^{-1}$  y  $1,5 \mu\text{L}^{-1}$  de 1-MCP tuvieron menor contenido SST que los frutos controles, mientras que la dosis de  $0,5 \mu\text{L}^{-1}$  de 1-MCP mostró un comportamiento intermedio (Fig. 6). Esto puede deberse a un retraso en la tasa de acumulación de SST en los frutos tratados con las concentraciones más altas ( $1,0 \mu\text{L}^{-1}$  y  $1,5 \mu\text{L}^{-1}$ ) de 1-MCP. La acumulación más lenta de SST en los frutos tratados con 1-MCP fue reportado por Boquete *et al.* (2004). Estos autores determinaron menor contenido de SST en frutos tratados con  $0,5 \mu\text{L}^{-1}$  de 1-MCP respecto al control, luego de 30 días a  $0^{\circ}\text{C}$  y 14 días a  $20^{\circ}\text{C}$ , pero luego de 28 días a  $20^{\circ}\text{C}$ , el tratamiento con 1-MCP mostró un aumento, igualando a los controles. Koukonauras y Sfakiotakis (2007) no encontraron efecto sobre los SST utilizando  $0,5 \mu\text{L}^{-1}$  de 1-MCP, aún cuando el almacenamiento en frío fue corto (un mes). Coincidiendo con los resultados de esta tesis, en otro estudio de nuestro equipo de trabajo, Moreno (2015) también observó que frutos tratados con  $1,0 \mu\text{L}^{-1}$  de 1-MCP en poscosecha logran un menor contenido de SST en la poscámara (7 días a  $20^{\circ}\text{C}$ ) después de un período de almacenamiento de 6 meses a  $0^{\circ}\text{C}$ .

Por otro lado, los frutos almacenados durante 6 meses mostraron menor contenido de SST que aquellos conservados durante 7 meses, tanto a la salida de frío como en poscámara (Fig. 7), posiblemente a un efecto de concentración debido en parte a la deshidratación de la fruta durante el almacenamiento prolongado.

Crisosto y Kader (1999) proponen un nivel de SST en kiwi de 12,5% como un mínimo para lograr la aceptación de los consumidores. Esto indica que, el efecto depresor del 1-MCP sobre el contenido de SST podría afectar la aceptabilidad de los consumidores de un mercado exigente, fundamentalmente cuando se utilizan las dosis de 1,0 y 1,5  $\mu\text{l L}^{-1}$  de 1-MCP, en las temporadas en las que las condiciones agroclimáticas no favorecen la acumulación de materia seca.

La aplicación de 1,0  $\mu\text{l L}^{-1}$  y 1,5  $\mu\text{l L}^{-1}$  de 1-MCP afectó también la acidez titulable (AT) de los frutos, disminuyendo respecto al control cuando fueron retirados del frío, en ambos períodos de almacenamiento evaluados (Fig. 8). No obstante este efecto dejó de detectarse en las poscámaras.

En kiwis 'Hayward', la AT cambia poco durante el período de almacenamiento y maduración (Matsumoto *et al.*, 1938; Mac Rae *et al.*, 1989) o disminuye (Crisosto; Crisosto, 2001, Koukounaras *et al.*, 2007) dependiendo de la región de producción. En Israel, California e Italia, se registra, a la cosecha, una alta AT (2-2.5%) que luego cae (0.5-1.5%). En Nueva Zelanda, por el contrario, la AT desde la cosecha se mantiene estable durante el período de conservación hasta la madurez organoléptica, porque aunque el ácido cítrico disminuye, el ácido málico se mantiene estable (Marsh *et al.*, 2004). Por otro lado, se ha encontrado que la aplicación de 1-MCP en kiwis almacenados a 0 °C durante períodos cortos o medios de tiempo (4 y 20 semanas, respectivamente) retrasó la pérdida de AT aunque en períodos largos (6 semanas) no hubo diferencias respecto a los controles (Koukounaras *et al.*, 2007). En fruta proveniente del sudeste de la provincia de Buenos Aires, Moreno (2015) observó después de 6 meses de almacenamiento a 0 °C, que la AT disminuyó con el aumento de la dosis de 1-MCP. En otros frutos tales como damasco y peras, se determinó que la aplicación de 1-MCP no afecta la AT (Dong *et al.*, 2002; Trincherro *et al.*, 2004) y en contraste, en manzanas, la aplicación de 1-MCP aumenta la AT (Fan *et al.*, 1999).

Las diferencias observadas en la respuesta del 1-MCP sobre el contenido de SST y la AT puede deberse a diferencias entre cultivares, estado de madurez o condiciones de crecimiento del cultivo tal como lo sugieren Blankenship and

Dole (2003). En relación a la AT, MacRae *et al.* (1989) sugirieron que las condiciones de almacenamiento, fundamentalmente la temperatura, influyen sobre la calidad organoléptica del kiwi. Estos investigadores demostraron que se producen cambios en la cantidad y tipo de ácidos orgánicos en el fruto cuando alcanza madurez de consumo, muchos de los cuales pueden cambiar con la temperatura de almacenamiento. La concentración de ácido málico aumenta durante la conservación del fruto, y ese aumento es mayor a 4 °C. El ácido cítrico es consumido durante el proceso respiratorio y disminuye a 0 °C a medida que se prolonga el período de almacenamiento. Cambios en el metabolismo de los ácidos orgánicos como los mencionados anteriormente podrían también producirse por efecto de otras tecnologías como la aplicación de 1-MCP en interacción con características y condiciones productivas particulares de la zona del sudeste bonaerense, ya que el metabolismo de los ácidos orgánicos también pueden estar condicionados por factores precosecha (MacRae *et al.*, 1989).

#### **4.3. Color de la pulpa**

Durante la maduración del kiwi se producen cambios de color en la pulpa (Boquete *et al.*, 2004). Los resultados encontrados indican que los kiwis almacenados durante 6 meses presentaron un color verde más intenso en la pulpa respecto de los aquellos almacenados durante 7 meses, tanto a la salida de frío como en la poscámara, sin efecto de la aplicación de 1-MCP (Fig. 9a y 9b). Es probable que esta falta de respuesta al 1-MCP en el color de la pulpa se deba al extenso período de almacenamiento. Algunos antecedentes indican que el 1-MCP puede retrasar la pérdida de color verde en kiwis 'Hayward', aunque el efecto es detectable en almacenamientos relativamente cortos. Koukounaras *et al.* (2007) encontraron un retraso significativo de la pérdida de color en frutos almacenados durante 4 y 10 semanas a 0°C debido al tratamiento con 1-MCP, sin detectar este efecto cuando el almacenamiento se prolongó a 6 meses. Boquete *et al.* (2004) encontraron mayor valor de luminosidad (L) y saturación del color (croma) en la pulpa, relacionado con una menor pérdida de color, cuando aplicaron 1-MCP en kiwis almacenados previamente por 30 días a 0°C. El efecto del 1-MCP sobre la retención del color también ha sido reportado en otros frutos como damascos (Fan *et al.*, 2000), peras (Trincherro *et al.*, 2004) y ciruelas (Valero *et al.*, 2004).

#### 4.4. Capacidad antioxidante y contenido de ácido ascórbico

El kiwi es considerado una fuente rica en compuestos antioxidantes (Halimoon; Hasan, 2010). En el presente trabajo, la capacidad antioxidante de los kiwis no fue afectada por los factores estudiados, ni a la salida de frío ni en poscámara (Fig. 12a y 12b). En frutos recién cosechados la capacidad antioxidante fue significativamente mayor que la de los frutos conservados 6 y 7 meses (datos no presentados). La pérdida de capacidad antioxidante después de la cosecha debida al almacenamiento prolongado en frío y el mantenimiento de la capacidad antioxidante durante la poscámara en frutos de kiwi fue observado también por Tavarini *et al.* (2008). Shivashankara *et al.* (2004) determinaron que la capacidad antioxidante del mango 'Irwin', antes y después del período de almacenamiento a 5 °C, se mantuvo hasta el día 20, momento en el cual comenzó a disminuir. Además Connor *et al.* (2002) observaron que la capacidad antioxidante de 9 cultivares de arándano se mantuvo durante un período de conservación de 3 a 5 semanas. La bibliografía es controversial respecto de la contribución de la vitamina C a la capacidad antioxidante. En el presente trabajo no se observó efecto de los factores estudiados sobre el contenido de ácido ascórbico (AA) ni a la salida de frío, ni en poscámara, manteniendo el contenido determinado en el día de la cosecha (datos no presentados). Estos resultados coinciden con Ferguson (1991) que sostiene que el kiwi no pierde vitamina C aún cuando la fruta permanece almacenada durante largos períodos. No obstante, Tavarini *et al.* (2008) observaron que kiwis cosechados con un valor de SST de 8% y conservados 2 meses a 0 °C, mantuvieron el contenido de AA a la salida de frío y en la poscámara (7 días a 20°C), pero luego de 6 meses a 0 °C, hubo una pérdida a la salida de frío manteniendo la concentración durante la poscámara. Generalmente la mayoría de los frutos recién cosechados poseen mayor contenido de AA que frutos conservados en frío (Lee y Kader, 2000); además el comportamiento de la vitamina C es extremadamente variable entre diferentes frutos y vegetales.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio permiten concluir que:

\* no puede confirmarse la primera hipótesis planteada, en la que se indicaba que la efectividad del tratamiento con 1-MCP sobre la retención de la firmeza, aumenta con la dosis aplicada y con el período de almacenamiento, fundamentalmente en poscámara. Las dosis de 0,5; 1,0 y 1,5  $\mu\text{L L}^{-1}$  de 1-MCP retuvieron la firmeza con la misma efectividad respecto del control para ambos períodos de almacenamiento.

\* puede confirmarse la segunda hipótesis planteada, en la que se postulaba que durante la poscámara, la producción de etileno es menor y se retrasa dependiendo de la dosis de aplicación de 1-MCP. La producción de etileno fue significativamente menor y se retrasó en los frutos tratados con 1-MCP respecto del control, fundamentalmente con las dosis de 0,5 y 1,0  $\mu\text{L L}^{-1}$ .

\* no puede confirmarse la tercera hipótesis que postulaba que los frutos tratados con 1-MCP presentan mayor contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable, color, ácido ascórbico y capacidad antioxidante en respuesta a la dosis aplicada de 1-MCP, tanto a la salida de frío como en poscámara.

Con el aumento de la dosis aplicada de 1-MCP, el contenido de sólidos solubles totales y la acidez titulable disminuyeron mientras que el color, el contenido de ácido ascórbico y la capacidad antioxidante no fueron afectados.

\* no puede confirmarse la cuarta hipótesis que postulaba que el contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable, color, ácido ascórbico y capacidad antioxidante disminuyen en respuesta a mayor período de almacenamiento, tanto a la salida de frío como en poscámara.

El color disminuyó en respuesta al mayor período de almacenamiento mientras que el contenido de sólidos solubles totales aumentó y la acidez titulable, el ácido ascórbico y la capacidad antioxidante no fueron afectados.

\* no puede confirmarse la quinta hipótesis que planteaba que los frutos tratados con dosis alta de 1-MCP (1,5  $\mu\text{L L}^{-1}$ ) presentan desórdenes fisiológicos y síntomas de toxicidad.

No se observaron desórdenes fisiológicos ni síntomas de toxicidad en los frutos tratados con la dosis alta de 1-MCP ( $1,5 \mu\text{l L}^{-1}$ ).

### **5.1. Consideraciones finales**

La aplicación de 1-MCP retrasó el ablandamiento tanto a la salida de frío como en la poscámara en períodos de almacenamiento prolongados. En particular los frutos tratados con  $0,5 \mu\text{l L}^{-1}$ , seguido por  $1,0 \mu\text{l L}^{-1}$  de 1-MCP, presentaron mayor capacidad de mantener la firmeza en condiciones óptimas para el consumo durante largos períodos de almacenamiento.

El 1-MCP retrasa pero no inhibe por completo la maduración organoléptica del kiwi 'Hayward', aún cuando se aplica en dosis elevada. De esta forma permite que este proceso se desarrolle con normalidad y que el fruto exprese todos los atributos sensoriales que potencialmente tiene y que son exigidos por los consumidores. Por otro lado, es importante remarcar que los atributos medidos que contribuyen a la calidad nutracéutica del kiwi no fueron afectados ni por la aplicación de 1-MCP ni por el almacenamiento prolongado en frío.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- ABDI, N.; MCGLASSON, W.B.; HOLFORD, P.; WILLIAMS, M.; MIZRAHI, Y. 1998. Responses of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*. 14:29-39.
- ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, M.E. 1992. *Ethylene in plant biology*; 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press; San Diego. 414 pp.
- ALEXANDER, L.; GRIERSON, D. 2002. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. *Journal of Experimental Botany*. 53: 2039-2055.
- ANTUNES, M.D.C.; PATERAKI, I.; KANELIS, A.K.; SFAKIOTAKIS, E.M. 2000. Differential effects of low-temperature inhibition on the propylene induced autocatalysis of ethylene production; respiration and ripening of 'Hayward' kiwifruit. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. 75: 575-580.
- ANTUNES, M.D.C., SFAKIOTAKIS, E.M., 2002. Chilling induced ethylene biosynthesis in 'Hayward' kiwifruit following storage. *Scientia . Horticulturae*. 92: 29-39.
- ANTUNES, M.D.C.; MIGUEL M.G., PANAGOPOULOS T. 2014. The effect of 1-MCP applied at different harvest times on storage ability of "Hayward" kiwifruit. The 8<sup>th</sup> International Symposium on kiwifruit. Dujiangyan China 18-22/9/2014.
- ATKINSON, R.G.; GUNASEELAN, K.; WANG, M.Y.; LUO, L.; WANG, T.; NORLING, C.L.; JOHNSTON, S. L.; MADDUMAGE, R.; SCHRODER, R.; SCHAFFER, R.J. 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.
- BAPAT, V.A., TRIVEDI P.K., GHOSH A., SANE V.A., GANAPATHI T.R.; NATH. P. 2010. Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnology. Advances*. 28, 94-107
- BARBONI, T.; CANNAC, M.; CHIARAMONT, N. 2010. Effect of cold storage and ozone treatment on physicochemical parameters; soluble sugars and organic acids in *Actinidia deliciosa*. *Food Chemistry*. 121:946–951
- BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology*. 28: 1-25.
- BLOCK,G.; PATTERSON, B.; SUBARU, A. 1992. Fruit, vegetables, and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence. *Nutrition and Cancer* 18:1-29
- BOQUETE, E.J.; TRINCHERO, G.D.; FRASCHINA, A.A.; VILELLA, F.; SOZZI, G.O. 2004. Ripening of 'Hayward' kiwifruit treated with 1-methylcyclopropene after cold storage. *Postharvest Biology and Technology*. 32: 57-65.
- BRAND-WILLIMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C.; 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*. 28: 25-30.

- BRUMMELL, D.A.; HARPSTER, M.H. 2001. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Molecular Biology*. 47: 311-340.
- BURDON, J.; MC LEOD, D.; LALLU, N.; GAMBLE, J.; PETLEY, M.; GUNSON, A. 2004. Consumer evaluation of "Hayward" kiwifruit of different at-harvest dry matter contents. *Postharvest Biology and Technology*. 34: 245-255.
- CANTIN, C.M.; HOLCROFT, D.; CRISOSTO, C.H. 2011. Postharvest Application of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Extends Shelf Life of Kiwifruit. *Acta Horticulturae* 913: 621:626.
- CANDAN, A. P.; GRAELL, J. AND LARRIGAUDIÈRE, C. 2011. Postharvest quality and chilling injury of plums: benefits of 1-methylcyclopropene. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 9(2): 554-564.
- CHEN, Y.F.; RANDLETT, M.D.; FINDELL, J.L.; SCHALLER, G.E. 2002. Localization of the ethylene receptor ETR1 to the endoplasmic reticulum of Arabidopsis. *Journal of Biological Chemistry* 277: 19861–19866.
- CONNOR, A.M.; LUBY, J.J.; HANCOCK, J.F.; BERKHEIMER, S.; HANSON, E.J. 2002. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 893–898.
- COOPER, T.; SAGREDO, K.; MANSILLA, A.; STREIF, J. 2011. Prevention and Prediction of Kiwifruit Softening. *Acta Horticulturae*. 913: 583:586.
- CRISOSTO, C.H.; KADER, A.A. 1999. Postharvest quality maintenance guidelines. Department of Pomology. University of California. Davis; CA.
- CRISOSTO, C.H.; CRISOSTO, G.M. 2001 Understanding consumer acceptance of early harvested 'Hayward' kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*. 22:205–213.
- CRISOSTO, C.H.; GARNER, D. 2001. 1-MCP inhibits kiwifruit softening during storage. *Perishables Handling Quarterly*. 108:19-20.
- CRISOSTO, C.H.; HASEY, J.; CANTIN, C.M.; GARIBAY S.; CRISOSTO G. 2008. Kiwifruit Dry Weight Protocol. Department of Plant Sciences University of California; Davis; 8 p. [En línea] < <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-1183>.>[Consulta: 07/10/2011]
- CROOKES, P.R.; GRIERSON, D. 1983. Ultrastructure of tomato fruit ripening and the role of polygalacturonase isozymes in cell wall degradation. *Plant Physiology*. 72: 1088-1093.
- DONG, L.; LURIE, S.; ZHOU, H. 2002. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of 'Canino' apricots and 'Royal Zee' plums. *Postharvest Biology and Technology*. 24: 135–145.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2002. Federal Register 67: 48796-48800.
- FAN, X.; BLANKENSHIP, S.M.; MATTHEIS, J.P. 1999. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 124: 690–695

- FAN, X.; ARGENTA, L.; MATTHEIS, J.P. 2000. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene prolongs storage life of apricots. *Postharvest Biology Technology*. 20: 135–142
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) 2013. [En línea] <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. [Consulta: 04/11/2015]
- FERGUSON, A.R. 1991. Kiwifruit (*Actinidia*). *Acta Horticulturae*. 290:603-653.
- FERGUSON, A. R. 1999 Kiwifruit cultivars: breeding and selection. *Acta Horticulturae*. 498: 43-51.
- FERGUSON, A.R.; HUANG, H. 2007. Genetic resources of kiwifruit: Domestication and breeding. *Horticultural Reviews*. 33: 1-121.
- FERGUSON, A.R.; SEAL, A.G. 2008. Chapter 8 Kiwifruit: In: Hancock, J.F. (ed.) *Temperate fruit crop breeding..* Springer. Dordrecht, NL pp 235-264.
- FERGUSON, A.R. 2014. Kiwifruit in the world. The 8<sup>th</sup> International Symposium on kiwifruit. Dujiangyan China 18-22/9/2014.
- FOX, J. 2005. The R commander: A basic statistics graphical user interface to R. *Journal of Statistical Software*. 14(9): 1-42.
- GIVEN, N.K. 1993. Chapter 7 Kiwifruit. In: Seymour; G.B ; Taylor, J.E. ; Tucker, G.A. (eds.). *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman and Hall. UK. pp235-254.
- GOLDING, J.B.; SHEARER, D.; WYLIE, S.G.; MCGLASSON, W.B. 1998. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in banana fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 14: 87–98.
- GUO, C.H.; YANG, J.; WEI, J.; LI, Y.; XU, J.; JIANG, Y. 2003. Antioxidant activities of peel; pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*. 23:1719–1726.
- HALIMOON, N.; HASAN, H.A. 2010. Determination and evaluation of antioxidative activity in Red Dragon Fruit (*Hylocereus undatus*) and Green Kiwi Fruit (*Actinidia deliciosa*). *American Journal of Applied Sciences*. 7 (11): 1432-1438.
- HALL, A.J.; RICHARDSON, A.C.; SNELGAR, W.P. 2006. Modelling fruit development in “Hayward” kiwifruit. *Acta Horticulturae*. 707:41-47.
- HALLETT, I.C.; MACRAE, E.A.; WEGRZYN, T.F. 1992. Changes in kiwifruit cell wall ultrastructure and cell packing during postharvest ripening. *International Journal of Plant Sciences*. 153(l):49-60.
- HAN, S.H.; KAWABATA S. 2002. Changes in carbohydrate and water contents of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) during growth. *Journal Japan Society Horticultural Science*. 71(3): 322-327.
- HOFMAN, P. J. JOBIN-DÉCOR, M.; MEIBURG, G. F; MACNISH A. J.; JOYCE D. C. 2001. Ripening and quality responses of avocado; custard apple; mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 41: 567–572.

- HOPPING, M.E. 1976 Structure and development of fruit and seeds in Chinese gooseberry (*Actinidia chinensis* Planch.). New Zealand Journal of Botany. 14: 63-68.
- HYODO, H.; FUKASAWA R. 1985. Ethylene production in kiwifruit. Journal Japan Society Horticultural Science. 54(2):209-215.
- ILLINA, N.; ALEM, H.; PAGANO, E. A.; SOZZI, G.O. 2010. Suppression of ethylene perception after exposure to cooling conditions delays the progress of softening in 'Hayward' kiwifruit. Postharvest Biology and Technology. 55:160-168.
- JAEGER, S.R.; ROSSITER, K.L.; WISMER, W.V.; HARKER, F.R. 2003. Consumer-driven product development in the kiwifruit industry. Food Quality and Preference. 14: 187-198.
- JIANG, Y.M.; JOYCE, D.C.; MACNISH, A.J. 1999. Responses of banana fruit to treatment with 1-methylcyclopropene. Plant Growth Regulation. 28: 77-82.
- KALT, W. 2005. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. Journal of Food Science. 70(1): 11-19.
- KE, D.; EL-WAZIR, F.; BRAD, C.; MATEOS, M.; KADER, A. 1994. Tolerance of peach and nectarine fruits to insecticidal controlled atmospheres as influenced by cultivar; maturity; and size. Postharvest Biology and Technology. 4: 135-146.
- KIM, H.O.; HEWETT, E.W.; LALLU, N. 2001. Softening and ethylene production of kiwifruit reduced with 1-methylcyclopropene. Acta Horticulturae. 553: 167-170.
- KOUKOUNARAS, A.; SFAKIOTAKIS, E. 2007. Effect of 1-MCP prestorage treatment on ethylene and CO<sub>2</sub> production and quality of 'Hayward' kiwifruit during shelf-life after short; medium and long term cold storage. Postharvest Biology and Technology. 46: 174-180.
- LEE, S.K.; KADER, A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology. 20: 207-20.
- LEVY GUARDA, N. 2003. Optimización de la atmósfera modificada en kiwi variedad Hayward. Proyecto para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Pontificia Universidad Católica de Chile. 47 pp.
- MACRAE, E.A.; LALLU, N.; SEARLE, A.N.; BOWEN, J.H. 1989. Changes in the softening and composition of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) affected by maturity at harvest and postharvest treatments. Journal of the Science of Food and Agriculture. 49: 413-430.
- MACRAE, E.; QUICK, W.P.; BENKER, C.; STITT, M. 1992. Carbohydrate metabolism during postharvest ripening in kiwifruit. Planta. 188:31-323.
- MANOLOPOUPOLOU, H.; PAPADOPOULOU, P. 1998. A study of respiratory and physico-chemical changes of four kiwi fruit cultivars during cool-storage. Food Chemistry. 63 (4):529-534.
- MANRIQUEZ, D.; DEFILIPPI, B.G. 2011. Could preharvest applications of 1-MCP improve postharvest life of 'Hayward' kiwifruit? Acta Horticulturae. 913: 595-602.

- MARSH, K.; ATTANAYAKE, S.; WALKER, S.; GUNSON, A.; BOLDINGH, H.; MACRAE, E. 2004. Acidity and taste in kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*. 32: 159–168.
- MATSUMOTO, S.; OBARA, T.; LUH, B.S. 1983. Changes in Chemical Constituents of Kiwifruit During Post-Harvest Ripening. *Journal of Food Science*. 607(48): 607-611.
- MCDONALD, B.; HARMAN, J.E. 1982. Controlled-atmosphere storage of kiwifruit. Effect on fruit firmness and storage life. *Scientia Horticulturae*. 17:113-123.
- MCGHIE, T.K.; AINGE, G.D. 2002 Color in Fruit of the Genus *Actinidia*: Carotenoid and Chlorophyll Compositions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 117–121.
- MCMURCHIE, E.J.; MCGLASSON, W.B.; EAKS, I.L. 1972. Treatment of fruit with propylene gives information about the biogenesis of ethylene. *Nature*. 237: 235-236.
- MELUCCI, M.C. 2015. Efecto de la atmósfera controlada y de la aplicación de 1-MCP sobre los índices de madurez y las características organolépticas del fruto de kiwi. Trabajo de tesis para optar por el título de Licenciado en Ciencia y tecnología de los alimentos. Universidad Nacional de Mar del Plata. 53p.
- MENNITI, A.M.; GREGORI, R.; DONATI, I. 2005. Effect of 1-methylcyclopropene on kiwifruit softening. *Acta Horticulturae*. 682: 2095-2099.
- MIR, N.A.; CURELL, E.; KHAN, N.; WHITAKER, M.; BEAUDRY, R.M. 2001. Harvest maturity; storage temperature; and 1-MCP application frequency alter firmness retention and chlorophyll fluorescence of 'Redchief Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 126: 618-624.
- MORENO, A.D. 2015. Influencia de la dosis de 1-MCP y estados de madurez sobre la calidad de kiwis "Hayward" almacenados en frío. Trabajo de tesis para optar por el título de Licenciados en Ciencia y tecnología de los alimentos. Universidad Nacional de Mar del Plata. 41p.
- NIKLIŠ, N.; SFAKIOTAKIS, E.; THANASSOULOPOULOS, C.C. 1997. Ethylene production by *Botrytis cinerea*; kiwifruit and *Botrytis* rotted kiwifruit under several storage temperatures. *Acta Horticulturae*. 44: 733–738.
- NISHIYAMA, I.; YAMASHITA, Y.; YAMANAKA, M.; SHIMOHASHI, A.; FUKUDA, T.; OOTA, T. 2004. Varietal difference in vitamin C content in the fruit of kiwifruit and other *Actinidia* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52: 5472-5475.
- NISHIYAMA, I. 2007. Fruits of the *Actinidia* genus. *Advances in Food and Nutrition Research*. 52: 293-324.
- OSÉS, L.; QUILLEHAUQUY, V.; YOMMI, A.K. 2011. La aplicación de 1-MCP deprimió la producción de etileno y retrasó el ablandamiento en kiwis 'Hayward'. 6º Jornadas Argentinas de Biología y Tecnología de Poscosecha. 23-25 nov. 2011.

- PAILLY, O.; HABIB, R.; DELECOLLE, R. 1995. Effect of soil and climate conditions on soluble solids evolution during maturation of kiwifruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 23: 145-153.
- PATERSON, V.J.; MACRAE, E.A.; YOUNG, H. 1991. Relationships between sensory properties and chemical composition of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 57: 235-251.
- PELAYO, C.; VILAS-BOAS, E.V. de B.; BENICHO, M.; KADER, A.A. 2003. Variability in responses of partially ripe bananas to 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*. 28: 75–85.
- REDGWELL, R.J.; MACRAE, E.; HALLETT, I.; FISCHER, M.; PERRY, J.; HARKER, R. 1997. *In vivo* and *in vitro* swelling of cell walls during fruit ripening. *Planta*. 203: 162-173.
- REID, M.S.; HEATHERBELL, D.A.; PRATT, H.K. 1982. Seasonal patterns in chemical composition of the fruit of *Actinidia chinensis*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 107 (2): 316-319.
- RICHARDSON, A.C.; MCANENEY, K.J., DAWSON, T.E. 1997. Carbohydrate dynamics in kiwifruit. *Journal of Horticultural Science*. 72: 907–917.
- RITENOUR, M.A.; CRISOSTO, C.H.; GARNER, D.T.; CHENG, G.W.; ZOFOLI, J.P. 1999. Temperature; length of cold storage and maturity influence the ripening rate of ethylene-preconditioned kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*. 15: 107–115.
- ROSSITER, K.L.; YOUNG, H.; WALKER, S.B.; MILLER, M. 2000. The effects of sugar and acids on consumer acceptability of kiwifruit. *Journal of Sensory Studies*. 15: 241-250.
- SALTVEIT, M.E. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*. 15: 279–292.
- SCHRÖDER, R.; ATKINSON, R.G. 2006. Kiwifruit cell walls: towards an understanding of softening? *New Zealand Journal of Forestry Science*. 36: 112-129.
- SENASA; 2014. [En línea] <<http://www.senasa.gov.ar>> [Consulta 13 de Julio de 2015].
- SEPULVEDA PARADA M.A., 2009. Aplicaciones repetidas de 1-mcp en etapas tempranas de almacenamiento de kiwi var. hayward y sus efectos en maduración. Memoria para optar al título profesional de ingeniero agrónomo. Facultad Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile 40p.
- SHIVASHANKARA, K. S.; ISOBE, S.; AL-HAQ, M. I.; TAKENAKA, M.; SHINA, T. 2004. Fruit antioxidant activity; ascorbic acid; total phenol; quercetin; and carotene of Irwin mango fruits stored at low temperature after high electric field pretreatment. *Journal of Agricultural of Food Chemistry*. 52: 1281–1286.
- SISLER, E.C.; SEREK, M.; DUPILLE, E. 1996. Comparison of cyclopropene; 1-methylcyclopropene; and 3;3-dimethylcyclopropene as ethylene antagonists in plants. *Plant Growth Regulation*. 18: 169–174.

- SISLER, E.C.; SEREK, M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiologia Plantarum*. 100: 577-582.
- SOLANO, R.; STEPANOVA, A.; CHAO, Q.M.; ECKER, J.R. 1998. Nuclear events in ethylene signaling: a transcriptional cascade mediated by ETHYLENE-INSENSITIVE3 and ETHYLENE-RESPONSE-FACTOR1. *Genes and Development* 12: 3703–3714.
- SUN, B.; YAN, H.; LIU, N.; WEI, J.; WANG, Q. 2012. Effect of 1-MCP treatment on postharvest quality characters; antioxidants and glucosinolates of Chinese kale. *Food Chemistry*. 131: 519–526.
- TAVARINI, S.; DEGL'INNOCENTI, E; REMORINI, D; MASSAI, R; GUIDI, L.; 2008. Antioxidant capacity; ascorbic acid; total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. *Food Chemistry*. 107: 282–288.
- TRINCHERO, G.D.; SOZZI, G.O.; COVATTA, F.; FRASCHINA, A.A. 2004. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene extends postharvest life of “Bartlett” pears. *Postharvest Biology and Technology*. 32: 193–204.
- TUCKER, G.A. 1993. Chapter 1: Introduction. In: Seymour; G.B.; Taylor, J.E., Tucker, G.A. (eds.). *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman and Hall. UK pp1-51.
- VALERO, D.; MARTINEZ-ROMERO, D.; VALVERDE, J.M.; GUILLEN, F.; CASTILLO, S.; SERRANO, M. 2004. Could the 1-MCP treatment effectiveness in plum be affected by packaging? *Postharvest Biology and Technology*. 34: 295–303.
- VENABLES, W.N.; RIPLEY, B.D. 2002. *Modern applied statistics with S*. 4th ed. Springer; New York. 495 p.
- VIGNONI, L. A.; CÉSARI, R.M.; FORTE, M.; MIRÁBILE, M.L. 2006. Determinación de Índice de Color en Ajo Picado. *Información Tecnológica*. 17(6): 63-67.
- WATKINS, C.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances*. 24: 389–409.
- WATKINS, C.B.; NOCK J.F. 2012. Rapid 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment and delayed controlled atmosphere storage of apples. *Postharvest Biology and Technology*. 69: 24–31.
- WHITTAKER, D.J.; SMITH, G.S.; GARDNER, R.C. 1997. Expression of ethylene biosynthetic genes in *Actinidia chinensis* fruit. *Plant Molecular Biology*. 34: 45-55.
- WOODWARD, T.J. 2006. Variation in “Hayward” kiwifruit quality characteristics. octoral Thesis. The University of Waikato. New Zealand. 228 p.
- WOODWARD, T.J. CLEARWATER, M.J. 2008. Relationships between ‘Hayward’ kiwifruit weight and dry matter content. *Postharvest Biology and Technology*. 48: 378–382.
- YANG, S.F; HOFFMAN, N.E. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*. 35: 155-189.