



**Título del trabajo: EFECTO DEL EMPLEO DE 1-MCP Y EL TAMAÑO DEL FRUTO  
SOBRE LA CALIDAD NUTRACÉUTICA EN KIWI (*ACTINIDIA DELICIOSA* CV  
'HAYWARD') DURANTE EL ALMACENAMIENTO POSTCOSECHA**

Modalidad: Trabajo de Investigación

Nombre de la estudiante: Srta. Lucía Denisse Jacob

Nº de Legajo:26914/7

D.N.I.: 35.079.044

Dirección de correo electrónico: [luciadjacob@gmail.com](mailto:luciadjacob@gmail.com)

Teléfono: 221 617 2397

Director: Dr. Gustavo Esteban Gergoff Grozeff

Co-directora: Dra. Andrea Verónica Galatro

Fecha de entrega: 30 marzo de 2021

# EFECTO DEL EMPLEO DE 1-MCP Y EL TAMAÑO DEL FRUTO SOBRE LA CALIDAD NUTRACÉUTICA EN KIWI (*ACTINIDIA DELICIOSA* CV 'HAYWARD') DURANTE EL ALMACENAMIENTO POSTCOSECHA

## Resumen

El kiwi (*Actinidia deliciosa* [A. Chevalier] C.F. Liang et A.R. Ferguson var deliciosa) cultivar 'Hayward', es en la actualidad el más producido a nivel mundial por su alta calidad y vida postcosecha. Contiene compuestos nutricionales y principios químicos beneficiosos para la salud humana, lo que determina su calidad nutracéutica, entre ellos un alto contenido de ácido ascórbico.

Al ser una fruta climatérica, es muy sensible a la exposición al etileno. Tecnologías como el uso de bloqueadores de los receptores del etileno como el 1-MCP y las atmósferas modificadas han demostrado ser útiles para retrasar la pérdida de firmeza de la fruta en el almacenamiento.

Se ha estudiado que el tamaño del fruto en algunas especies puede afectar la vida postcosecha. Si bien tiene un componente varietal, el uso de técnicas como el raleo y la aplicación de reguladores ayudan a aumentar el calibre de los frutos en kiwi. Así mismo, los frutos chicos y grandes presentan comportamientos diferenciales en el almacenamiento.

El objetivo de este trabajo es analizar el efecto del tamaño del fruto y la aplicación de 1-MCP luego de 4 meses de almacenamiento a 3 °C. Para ello se realizaron 4 tratamientos: a)- chicos control (0.0  $\mu\text{L L}^{-1}$  1-MCP), b)- chicos 1-MCP (1.0  $\mu\text{L L}^{-1}$ ), c)- grandes control (0.0  $\mu\text{L L}^{-1}$  1-MCP) y d)- grandes 1-MCP (1.0  $\mu\text{L L}^{-1}$ ).

Después de 0, 2 y 4 meses de almacenamiento a 3 °C, se determinaron parámetros de calidad: decaimiento, firmeza de fruto, pérdida de peso. También tasa respiratoria y

parámetros organolépticos: color en piel y en pulpa, contenido de los pigmentos clorofila y carotenoides. Con respecto a la calidad gustativa se midieron peso seco, contenido de sólidos solubles (SS), pH, acidez, RATIO y azúcares reductores. De su calidad nutricional se evaluaron los contenidos de ácidos ascórbico, cítrico, quínico y málico mediante HPLC. Los resultados muestran que el 1-MCP afecta diferencialmente a frutos chicos y grandes. Es notable la disminución de las pérdidas por decaimiento en frutos tratados y el mantenimiento de la firmeza en el almacenamiento. El 1-MCP evitó el aumento de la tasa respiratoria en frutos grandes y chicos en el momento de la cosecha y después de 4 meses de almacenamiento en frío. El contenido de sólidos solubles muestra un valor más alto en frutos pequeños en el momento de la cosecha.

Con respecto a la calidad nutricional, los frutos chicos tienden a tener mayor contenido de ácido ascórbico que los frutos grandes. El contenido de ácido málico se ve influenciado por la aplicación de 1-MCP desde el inicio, mientras que el resto de los ácidos orgánicos tienden a disminuir a medida que avanza el almacenamiento en frío.

## **Agradecimientos**

En primer lugar quiero agradecer a Gustavo no solo por guiarme durante todo el recorrido de este trabajo, sino también por la motivación y por su calidez humana. De la misma forma a Andrea y a quienes integran el INFIVE, valoro mucho la amabilidad y la ayuda que me brindaron.

A mi familia quienes me dieron la posibilidad de estudiar y el apoyo necesario para transitar y concluir este camino.

A mis amigas/os de la vida y a mis compañeras/os de estudio, quienes acompañaron, fueron parte y lo hicieron más llevadero, dándome el aliento y el apoyo para continuar. Por cada risa y cada abrazo que renovaban la energía.

Por último, a todos/as quienes construyen y luchan por una Universidad pública, gratuita y de calidad y a quienes lo hicieron el pasado y me permitieron poder acceder y finalizar esta carrera.

**Trabajos publicados a partir de resultados parciales de esta tesis de grado:**

XXXII Reunión Argentina de Fisiología Vegetal - XVI Congreso Latinoamericano de Fisiología Vegetal

Evento Internacional

Lugar: Córdoba, 11 y 15 de noviembre de 2018

Título del tema expuesto: Effect of fruit size and 1-methylcyclopropene (1-MCP) over the nutritional quality of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv `Hayward`) during postharvest storage

Autores: Jacob, L.D.; Galatro, A., Romero, M. de los Á., Gergoff Grozeff, G.E.

II Congreso Argentino de Biología y Tecnología Poscosecha

Evento Nacional

Lugar: Santiago del Estero, 11 al 13 de septiembre de 2019

Título del tema expuesto: Almacenamiento refrigerado prolongado en kiwi (*Actinidia deliciosa* cv `Hayward`): efecto del tamaño de fruto y el 1-metilciclopropeno

Autores: Jacob, L.; Galatro, A.; Romero, M. de los Á.; Gergoff Grozeff, G.E.

## 1. Introducción

El kiwi (*Actinidia deliciosa* [A. Chevalier] C.F. Liang et A.R. Ferguson var. *deliciosa*) es una especie trepadora originaria de la China, que fue introducida en Nueva Zelanda a principios del siglo XX, donde se logró a partir de mejoramiento genético el cultivar 'Hayward', siendo en la actualidad el más producido a nivel mundial por su alta calidad y vida postcosecha (Benés y Viteri, 2014; Benés *et al.*, 2014).

En cuanto a la producción mundial, las hectáreas implantadas con este cultivo llegaron en 2019 a 268.788 Ha. Los principales productores mundiales son China, Nueva Zelanda, Italia, Grecia y Chile, que en forma conjunta concentran el 86% de las toneladas cosechadas y el 89% de las hectáreas implantadas. Cabe destacar que si bien China es el mayor productor mundial, no cuenta con saldos exportables, por lo cual estos últimos cuatro países son quienes lideran las exportaciones: Nueva Zelanda con 558.191 toneladas, Italia con 524.490 toneladas, Grecia con 285.860 toneladas y finalmente Chile con 177.206 toneladas para el año 2019 (FAOSTAT, 2019). Estas naciones en forma conjunta concentran el 76% del kiwi exportado a nivel mundial de acuerdo a datos disponibles de 2017 (DCA, 2020).

En la Argentina se introdujo en la década de 1980, siendo las zonas de cultivo la región norte, en los alrededores de La Plata y Baradero, y en el sudeste en los partidos de General Pueyrredón, General Madariaga, General Alvarado, Balcarce y Mar Chiquita. Durante los últimos años, la superficie implantada y el volumen producido se han ido incrementando. Se estima que en la actualidad alrededor de 900 ha se encuentran implantadas con este cultivo, de las cuales el 88% están en producción (DCA, 2020). A nivel nacional, se han llegado a producir alrededor de 12.000 toneladas, cantidad insuficiente para cubrir la demanda del mercado interno (Benés y Viteri, 2014; Benés *et al.*, 2014).

## 1.1 Características del fruto y su fisiología durante la postcosecha

El kiwi es un fruto con epidermis pilosa, resistente y de color pardo-verdoso. Esta epidermis confiere al fruto un aspecto externo que no sufre cambios significativos a lo largo del proceso de maduración y que incluso impide la expresión de daños o golpes a su través, lo que dificulta los procesos de clasificación (Correa *et al.*, 2014).

Al igual que otras frutas y hortalizas, contiene compuestos nutricionales y principios químicos naturalmente beneficiosos para la salud humana, lo que determina su calidad nutracéutica. La palabra "nutracéutico" es un acrónimo de las palabras "nutrición" y "farmacéutico", acuñada en 1989 por Stephen L. DeFelice, para designar un compuesto o una molécula de acción medicinal (DeFelice, 1995). La identificación, cuantificación y efectos sobre la salud humana se consideran importantes para la generación de variedades hortícolas con cualidades nutricionales, como así también para su preservación postcosecha. Algunas de estas sustancias como los antioxidantes, son valorados por su potencial de prevenir el daño oxidativo causado por especies reactivas del oxígeno (ROS), y su actividad preventiva contra una amplia gama de enfermedades degenerativas, que incluyen estrés oxidativo, como la inflamación y la carcinogénesis (Franco Tobon *et al.*, 2006).

Una de las características destacables del kiwi es su alto contenido de ácido ascórbico, llegando a superar los 100 mg por cada 100 gramos de materia fresca, dependiendo de las especies y sus variedades correspondientes (Ferguson y MacRae, 1992).

Varias características físicas y químicas han sido estudiadas en el kiwi, tales como el color de la superficie, el color de la pulpa, el contenido de SS (en su mayoría azúcares), la acidez total titulable (TA), la relación SS:TA (RATIO), la pérdida de almidón, el cambio de color en la semilla y la firmeza de la pulpa (Crisosto y Mitchell, 2002). El fruto de kiwi tiene un alto contenido de almidón, que se convierte en azúcares con el tiempo, por lo que

el contenido de sólidos solubles (SS) se incrementa bruscamente luego de la cosecha y más del doble durante los primeros 1 ó 2 meses de almacenamiento. El color de la superficie y de la pulpa se modifican poco durante el desarrollo de los frutos, siendo la composición de ácidos, medida a través del nivel de acidez titulable, la que disminuye después de un periodo de almacenamiento. La firmeza de la pulpa disminuye típicamente en un 30 a 50% durante cada mes de almacenamiento en cámara a 0°C hasta que la fruta está completamente madura (Crisosto y Mitchell, 2002). El contenido de SS en el momento de la cosecha es el índice de madurez más extensamente usado para predecir la calidad y el rendimiento de almacenamiento (Mitchell *et al.*, 1990; Crisosto *et al.*, 1992).

La pérdida de firmeza es rápida durante las primeras semanas de almacenamiento, incluso a 0 °C y la exposición al etileno la acelera proporcionalmente a su concentración. Se han estudiado los beneficios potenciales del almacenamiento en atmósfera controlada, resultando en un retraso en el ablandamiento y la reducción de pudriciones por *Botrytis spp.* (Arpaia *et al.*, 1985). Se ha estudiado que los kiwis de cosechas tardías conservan más su firmeza durante el almacenamiento que los de cosecha temprana y se comportan mejor en los 4 a 6 meses siguientes de almacenamiento a 0 °C. Por lo tanto, la recolección tardía se recomienda para asegurar una alta calidad de kiwi después de un largo período de almacenamiento (Crisosto y Mitchell, 2002).

Con respecto a las enfermedades de postcosecha, los patógenos que se presentan son principalmente hongos, entre ellos *Alternaria alternata*, *Dothiorella gregaria*, *Penicillium expansum*, *Phoma spp.*, y *Botrytis cinerea*, siendo esta última la principal causa de pérdida de frutas. El patógeno *Botrytis spp.* crece y se propaga lentamente durante el largo período de almacenamiento (hasta 6 meses) a 0°C. Las frutas infectadas producen etileno a una tasa más alta, y esto puede conducir a la pérdida de firmeza (Michailides y Morgan, 1996).

## 1.2 Factores precosecha que determinan la calidad del kiwi

Desde el punto de vista de la fisiología de la maduración de los frutos, Adel Kader (2002) clasifica al kiwi dentro de los frutos con síndrome climatérico, teniendo una baja tasa respiratoria y una moderada vida postcosecha si se lo compara con otros frutos. Al momento de cosecha, la producción de etileno de estos frutos es muy baja o casi nula, sin embargo, a medida que los frutos van madurando, es decir, perdiendo firmeza y aumentando su contenido de sólidos solubles (Wang *et al.*, 2000), la producción de etileno se eleva (Hyodo y Fukasawa, 1985). Por otro lado, este tipo de frutos es extremadamente sensible a la presencia de etileno, llegando a responder a concentraciones muy bajas, perdiendo como primera medida la firmeza de la pulpa (Wang *et al.*, 2000).

Dentro de los factores precosecha que afectan la calidad de los frutos de kiwi, Boukouvalas y Chouliaras (2005) mencionan al estadio de maduración, las condiciones ecológicas y de manejo donde se desarrolla el cultivo, las relaciones hídricas, la nutrición mineral de las plantas y la posición de los frutos en los cargadores. A mayor área foliar, mayor es el tamaño de los frutos (Snelgar y Thorp, 1988), mientras que en parrales con un índice de área foliar sobrelevado, los frutos presentan una pérdida de firmeza mucho más marcada (Snelgar *et al.*, 1998).

Además de las condiciones mencionadas anteriormente, el tamaño final de los frutos en kiwi depende también de la competencia interna de los frutos en la misma planta. Frutos producidos en cargadores más cortos y provenientes de flores que abrieron más tardíamente, tienen un tamaño final menor (Lai *et al.*, 1990).

El tamaño de los frutos de kiwi se ve influenciado por el número de semillas cuajadas (Lawes *et al.*, 1990) como así también por la exposición a agentes reguladores de acción hormonal como el  $N_1$ -(2-cloro-4-piridil)- $N_3$ -fenilurea (CPPU) (Kim *et al.*, 2006), el thidiazurón (TDZ), el ácido giberélico ( $GA_3$ ), o el ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) (Famiani *et al.*, 2007), entre otros.

Dentro de los factores precosecha que condicionan fuertemente la vida de los frutos de kiwi durante el almacenamiento, el momento de la cosecha juega una función muy importante, sobre todo en la posterior evolución de la maduración y de las características organolépticas (Tavarini *et al.*, 2008). Frutos cosechados más tempranamente presentan una vida postcosecha más prolongada, pero presentan menos desarrollo de sabor y aroma en el producto final. La determinación del contenido de SS juega un papel muy importante para marcar el momento de la madurez fisiológica, ya que se ha determinado que el mínimo contenido debería ser de 6,2 °Brix, aunque esto puede verse fuertemente influenciado por las condiciones del año de cosecha (Burdon *et al.*, 2013)

Otro determinante del desarrollo del sabor es el contenido de materia seca en los frutos. Cabe mencionar también que se ha determinado que, en ciertas variedades, los frutos con mayor contenido de materia seca desarrollan mejor sabor y mejoran su firmeza durante la postcosecha (Nardozza *et al.*, 2011).

### **1.3 Factores postcosecha que determinan la calidad del kiwi**

Como primer determinante de la vida postcosecha de frutos de kiwi, cabe mencionar que la temperatura juega una función preponderante, por sobre otras condiciones y/o tratamientos. Se ha determinado que las condiciones óptimas de almacenamiento del kiwi corresponden a una temperatura de 2°C y una humedad relativa del 88% (Fisk *et al.*, 2008).

Tempranamente se ensayaron inhibidores de la síntesis de etileno, como es la aminovinilglicina, la cual inhibe marcadamente la producción de etileno (Hyodo y Fusakawa, 1985). Sin embargo, el descubrimiento del inhibidor de la respuesta al etileno, el 1-metilciclopropeno (1-MCP) en la década de 1980, abrió nuevos horizontes en materia del manejo postcosecha de frutas y hortalizas (Sisler y Serek, 1997). Este inhibidor fue utilizado también en el kiwi con buenos resultados en cuanto a la disminución de la

pérdida de firmeza y el decaimiento de los frutos (Park *et al.*, 2014) durante el almacenamiento en frío (Koukounaras y Sfakiotakis, 2007).

Otros parámetros que se modifican durante el almacenamiento de frutos de kiwi son el contenido de ácido ascórbico, el contenido de fenoles y carotenoides (Tavarini *et al.*, 2008)

Como se ha mencionado anteriormente, el contenido de materia seca es un factor importante a tener en cuenta (Nardoza *et al.*, 2011), sin embargo, este parámetro correlaciona negativamente con el rendimiento. Es decir, que plantas con una carga elevada, producen frutos con menor contenido de materia seca, con menor calidad organoléptica y con una vida postcosecha más corta, dando una pérdida significativa en la firmeza (Famiani *et al.*, 2012). Por otro lado, frutos pequeños también ven afectados su calidad y su vida postcosecha. Crisosto y colaboradores (1999), determinaron que frutos de kiwi de menor tamaño pierden más rápidamente la firmeza en postcosecha.

Si bien se han desarrollado trabajos que estudian los efectos del agregado de 1-MCP durante el almacenamiento postcosecha de kiwi (Kupra *et al.*, 2011), hasta el momento no se han encontrado estudios que relacionen la vida postcosecha y las características nutraceuticas, con la combinación de un factor precosecha, como el tamaño del fruto, y la aplicación de un inhibidor de la acción del etileno (1-MCP) durante el almacenamiento prolongado a temperatura controlada (hasta 4 meses).

## **2. Hipótesis de trabajo**

El 1-MCP, empleado como pre-tratamiento antes del almacenamiento en frío, mantiene la calidad del kiwi (*e.g.* contenido de ácido ascórbico, sólidos solubles, firmeza y concentración de diferentes ácidos orgánicos), actuando de manera diferencial en frutos de distintos calibres.

### **3. Objetivo general**

Estudiar el efecto de la aplicación de 1-MCP, el tamaño del fruto y la combinación de ambos factores sobre la calidad nutracéutica de frutos de kiwi durante la postcosecha.

#### **3.1 Objetivos Específicos**

- Determinar el efecto de un pretratamiento con 1-MCP previo al almacenamiento en frío (4°C) respecto de la calidad nutracéutica de frutos de kiwi en dos calibres, relacionado al contenido de ácido ascórbico, peso seco y contenido de clorofilas y carotenoides.
- Comparar la maduración que sufren los frutos de kiwi de distintos calibres (fruto chico y fruto grande) por el tratamiento con 1-MCP, relacionado con su calidad textural y el proceso de pérdida de peso.
- Determinar el comportamiento de los frutos de diferente tamaño con y sin tratamiento con 1-MCP, durante su almacenamiento en frío, de la relación con el contenido de sólidos solubles, la acidez total titulable, la relación entre ambos (RATIO), el pH, el contenido de azúcares reductores y totales, y los contenidos de ácidos cítrico, quínico y málico.

### **4. Materiales y métodos**

#### **4.1 Material Vegetal**

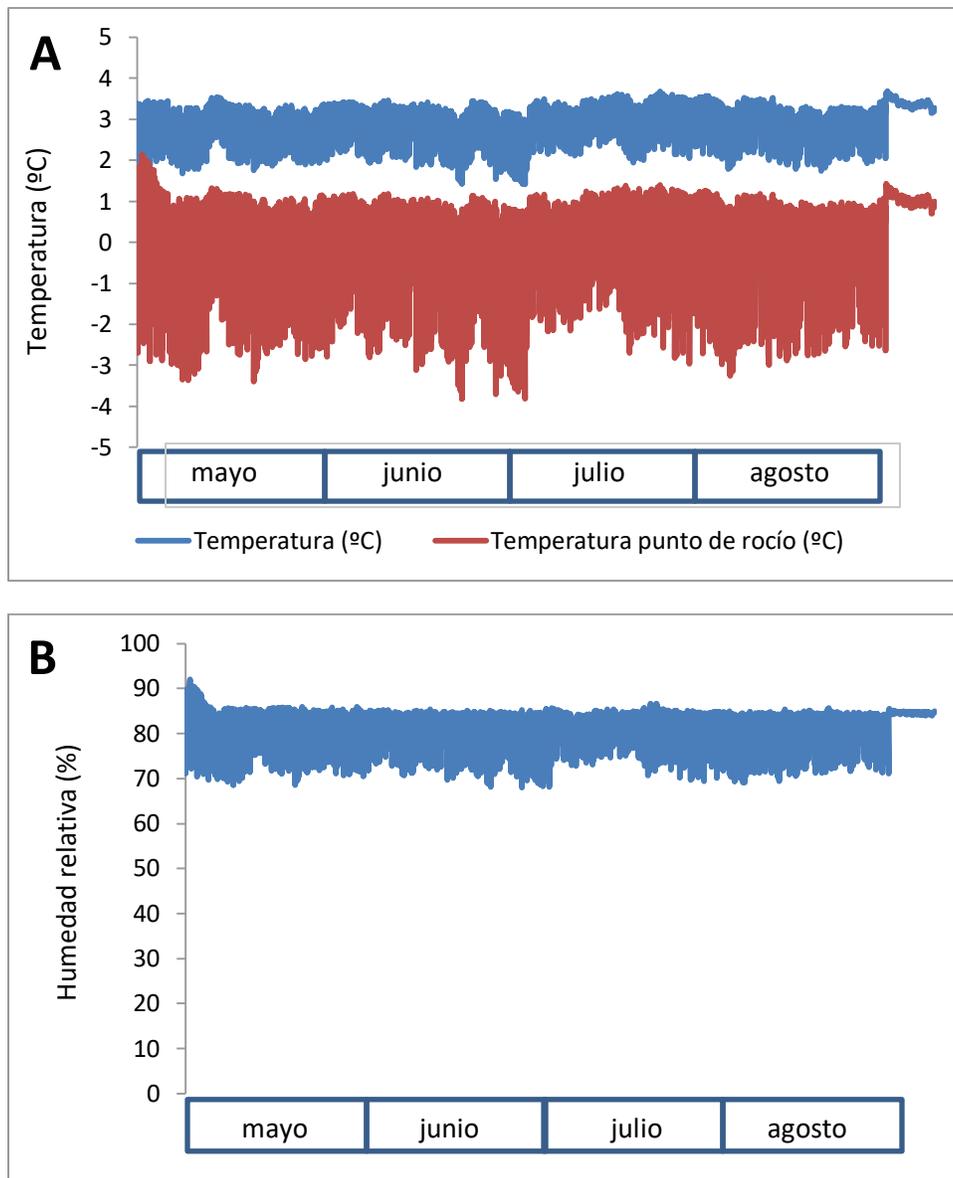
Frutos de kiwi (*Actinidia deliciosa* [A. Chevalier] C.F. Liang et A.R. Ferguson var *deliciosa* cv 'Hayward'), injertados sobre la misma variedad) se cosecharon de un monte productivo de la Localidad de Roberto Payró, Partido de Magdalena en el mes de abril, cuando los mismos alcanzaron un nivel mínimo de sólidos solubles de 6,2° Brix. Al momento de cosecha, los frutos se seleccionaron por su tamaño en dos categorías: por un lado los frutos que pesaron entre 60 y 70 g (fruto chico) y por otro los que pesaron

entre 120 y 130 g (fruto grande). Los frutos fueron llevados inmediatamente al laboratorio para sus respectivos tratamientos.

#### **4.2 Tratamientos y almacenamiento postcosecha**

Frutos grandes y chicos se dividieron en dos subgrupos y se colocaron en dos cubas herméticas de 40 litros. A una de ellas se le agregó 1-metilciclopropeno (1-MCP), comercialmente conocido como SmartFresh (Smartfresh<sup>SM</sup>, Röhm and Haas) que viene formulado como polvo. Se pesó la cantidad suficiente para lograr en la cámara una concentración final de  $1,0 \mu\text{l L}^{-1}$ . Una vez cerradas y selladas las cubas, se procedió al agregado de agua para la liberación del 1-MCP de su matriz de dextrina. Los frutos control tuvieron el mismo tratamiento, agregando solamente agua en un vaso de precipitados. Los frutos se mantuvieron en las cubas en estas condiciones por el término de 12 hs a una temperatura de  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Una vez finalizados los tratamientos (controles  $0,0 \mu\text{l L}^{-1}$  1-MCP y tratados  $1,0 \mu\text{l L}^{-1}$  1-MCP), los frutos se almacenaron en cajas alveoladas en cámara fría a  $3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta el momento de los muestreos. Para el seguimiento de las condiciones en cámara se utilizó un registrador automático de temperatura, humedad relativa y punto de rocío que midió a intervalos de una hora dichos parámetros. Para ello se utilizó un datalogger UX-100-003 (Onset® Computer Corporation, Bourne MA, USA). Las muestras de los cuatro tratamientos (chico control, chico 1-MCP, grande control, grande 1-MCP) fueron extraídas a 0, 2 y 4 meses de almacenamiento en frío. Una vez cosechados, se realizaron las determinaciones en fresco (e.g. tasa respiratoria, firmeza, etc.) y para el resto de las mediciones bioquímicas, muestras compuestas de al menos 5 frutos fueron congeladas en nitrógeno líquido y almacenada en freezer a  $-80 \text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta sus determinaciones.

De acuerdo a los registros evaluados, la temperatura del aire fue en promedio a lo largo de todo el experimento de  $2,88 \pm 0,46$  °C, el punto de rocío de  $-0,06 \pm 1$  °C y la humedad relativa del  $81 \% \pm 4$ . Los datos particulares del seguimiento pueden observarse en las Figuras 1A y 1B.



**Figura 1 A.** Registro de temperatura del bulbo húmedo y del punto de rocío a lo largo de todo el experimento en cámara durante 4 meses. **B.** Registro de humedad relativa (%) en cámara durante los 4 meses de experimentos.

### 4.3 Contenido de ácido ascórbico

El contenido de ácido ascórbico (AA) reducido se determinó por medio de HPLC de fase reversa de acuerdo con Gergoff Grozeff *et al.* (2013).

#### 4.4 Contenido de ácidos cítrico, málico y quínico

El contenido de ácido cítrico y málico se determinó por HPLC de fase reversa de acuerdo a Romero Rodriguez *et al.* (1992) con mínimas modificaciones. Por otro lado, la determinación de ácido quínico se llevó a cabo también por HPLC a partir de indicaciones de Romero Rodriguez *et al.* (1990).

#### 4.5 Calidad de frutos

Color, firmeza, sólidos solubles, pérdida de peso, pH y acidez total titulable se midieron de acuerdo con Rodoni *et al.* (2010).

Para las determinaciones de sólidos solubles se utilizó un refractómetro digital (Milwaukee MMA871, Estados Unidos). Las mediciones de pH se realizaron por medio de un peachímetro (Hanna Instruments Edge, Estados Unidos). La determinación de acidez total titulable se realizó por el método titrimétrico, titulando la solución de jugo con 0,1 N NaOH hasta llegar a un pH=8,2.

Para las determinaciones de firmeza se utilizó un texturómetro Exponent Texture Analyzer TA.XT.PLUS de la empresa Stable Micro Systems™ Goldalming, Surrey, UK. Las mediciones de fuerza máxima a la penetración se realizaron en la piel y en la pulpa de la fruta (habiendo previamente extraído la piel) y los resultados fueron expresados en newton (N). Para ello se utilizó una sonda de 3 mm de diámetro y los parámetros establecidos por Minas *et al.* (2014):

- Modo de medición: compresión
- Velocidad antes de la medición: 2,00 mm seg<sup>-1</sup>
- Velocidad de medición: 0,50 mm seg<sup>-1</sup>
- Velocidad después de la medición: 10,00 mm seg<sup>-1</sup>
- Modo del objetivo: Distancia

- Distancia de medición: 4,000 mm
- Fuerza de gatillo para la medición: 5,0 g

Para las determinaciones de color se utilizó un colorímetro (Minolta®, CR-400, Osaka, Japan) para obtener los parámetros de L, a\* y b\* (Escala CIELAB). Se determinó el color de piel, como así también el color interno del mesocarpio de todos los frutos.

Se determinó el contenido de materia seca de acuerdo a Famiani *et al.* (2012). Por otro lado, se estimó el porcentaje de frutos en decaimiento, individualmente para cada fruto y tratamiento, junto con la pérdida de peso de acuerdo a indicaciones de Zheng *et al.* (2003) y Angeletti *et al.* (2010), respectivamente.

Además de la determinación de decaimiento por deshidratación, se evaluó la presencia de hongos causantes de enfermedades postcosecha de acuerdo a indicaciones de Shirzad *et al.* (2011).

#### **4.6 Contenido de azúcares reductores y totales**

Se realizó una extracción de azúcares en etanol al 80% v/v en caliente y las mediciones de azúcares totales y reductores se realizaron de acuerdo a Somogyi–Nelson [Nelson (1944) y Somogyi (1952)] empleando un espectrofotómetro UV-VIS a  $\lambda = 520$  nm. La curva estándar se realizó con diferentes concentraciones de sacarosa o glucosa grado analítico.

#### **4.7 Parámetros fisiológicos**

La producción de CO<sub>2</sub> por respiración se determinó con un analizador infrarrojo de gases (IRGA) de acuerdo a especificaciones de Maydup *et al.* (2010) a una temperatura constante de 20 °C. Se utilizó un detector infrarrojo de dióxido de carbono (Lutron Electronic Enterprise Co. L.T.D., Model GC-2028). Las determinaciones se realizaron en

una cuba de 5,6 litros y la fruta se almacenó por el término de 10 minutos para obtener la tasa de producción de dióxido de carbono expresada sobre peso fresco y tiempo.

#### **4.8 Contenido de clorofilas a, b y total y carotenoides**

Para la determinación del contenido de clorofilas, se separó una alícuota (30 mg) de muestra guardada a -80°C y se le agregó 1 ml de una solución de 80% v/v de acetona para favorecer la extracción de clorofilas. El contenido de clorofilas y carotenos se determinó por espectrofotometría de acuerdo a Inskeep y Bloom (1985) y Lichtenthaler (1987), respectivamente.

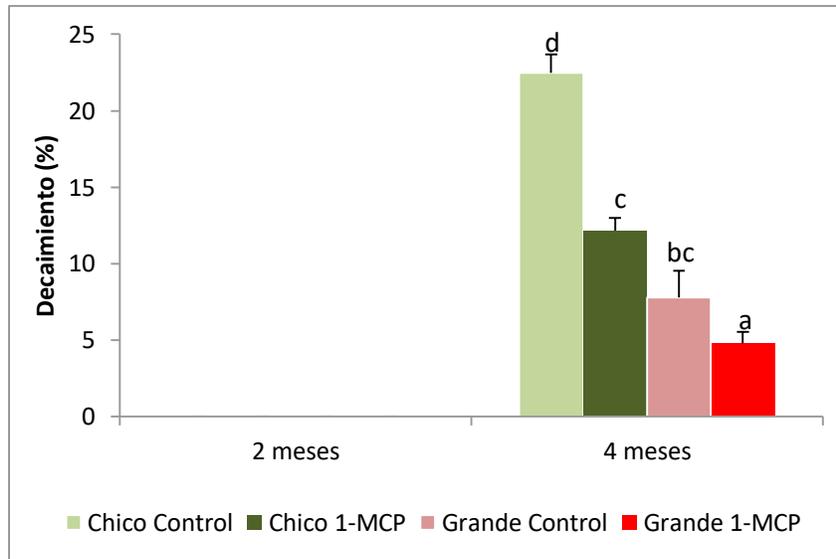
#### **4.9 Análisis estadístico**

Se empleó un diseño completamente al azar con tres experimentos (0, 2 y 4 meses de almacenamiento). Los datos se presentaron como la media de los resultados obtenidos en cada experimento a partir de cuatro repeticiones por grupo (cada repetición corresponde a un grupo de al menos 4 frutos cada uno, tanto para las mediciones en fresco como para las muestras congeladas) y se analizaron por medio de ANOVA. Las medias se compararán mediante la prueba de Fishers Least Significant Difference (LSD) test a un nivel de significancia de 0,05.

### **5. Resultados:**

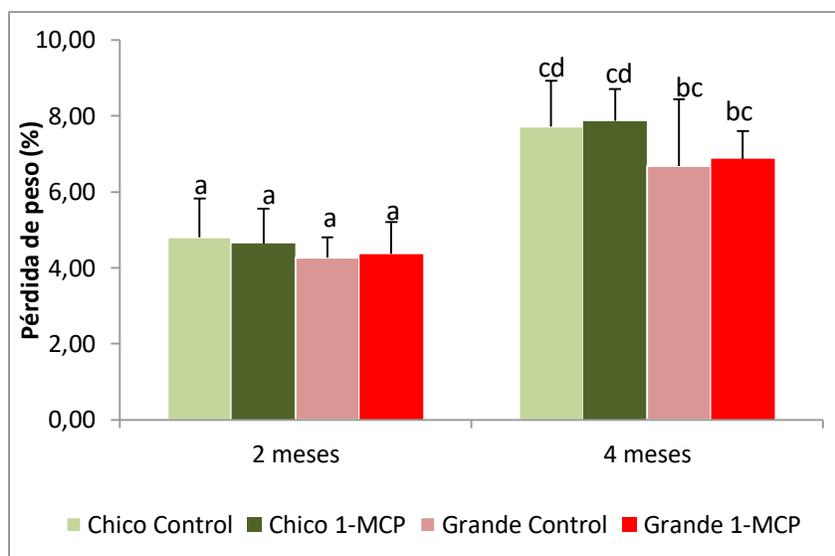
#### **5.1 Decaimiento, pérdida de peso y firmeza**

Dentro de los parámetros de calidad se evaluó el impacto de la pérdida de peso, firmeza de piel y pulpa y decaimiento en el almacenaje en frutos chicos y grandes con y sin la aplicación de 1-MCP.



**Figura 2.** Decaimiento en frutos de kiwi grandes y chicos sometidos a los tratamientos con y sin 1-MCP, y almacenados durante 0, 2 y 4 meses a 3 °C. Las columnas representan los promedios y las barras el desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas basadas en ANOVA, LSD post hoc test con un nivel de significancia de  $P < 0,05$ .

Uno de los primeros parámetros que pueden ser medidos en cuanto a calidad visual es el decaimiento de la fruta. Con respecto a este parámetro, a los 2 meses de almacenamiento no se observaron síntomas de decaimiento en ninguno de los tratamientos; mientras que a los 4 meses el decaimiento resultó notable en los frutos chicos, siendo del 22% para el tratamiento control y del 12% en los frutos chicos tratados con 1-MCP (inhibidor de la respuesta a etileno), el cual disminuyó las pérdidas significativamente (Figura 2). Similar tendencia se observa en los frutos grandes, habiendo diferencias significativas entre los frutos grandes control y tratados con 1-MCP. También es significativa la diferencia entre tamaños, lo cual indica que los frutos grandes y el tratamiento con 1-MCP se mejoran el comportamiento durante el almacenamiento (Figura 2). Cabe aclarar que no se observaron a simple vista frutos con decaimiento debido a una deshidratación que se evidenció en la rugosidad de la piel.

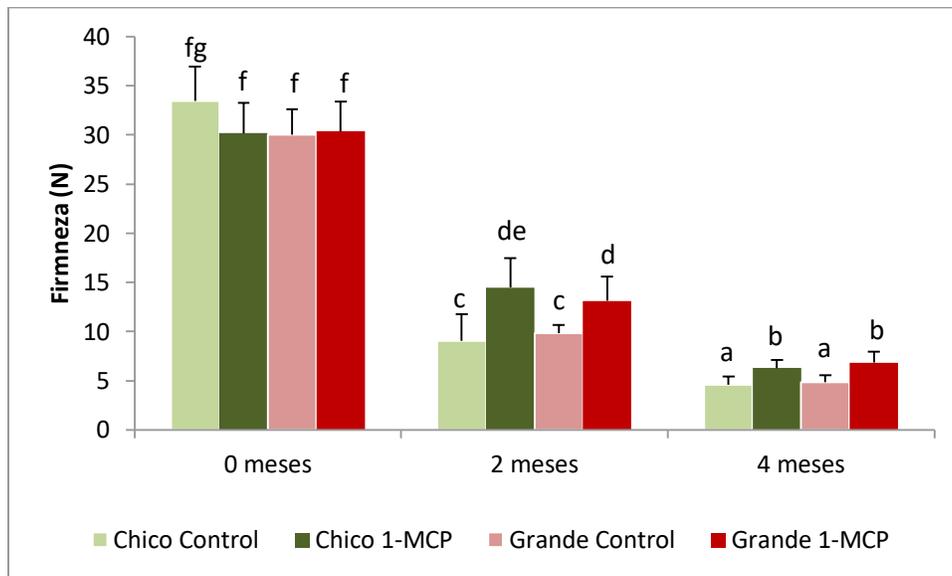


**Figura 3.** Pérdida de peso en frutos de kiwi grandes y chicos sometidos a los tratamientos con y sin 1-MCP, y almacenados a 0, 2 y 4 meses a 3 °C. Las columnas representan los promedios y las barras el desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas basadas en ANOVA, LSD post hoc test con un nivel de significancia de  $P < 0,05$ .

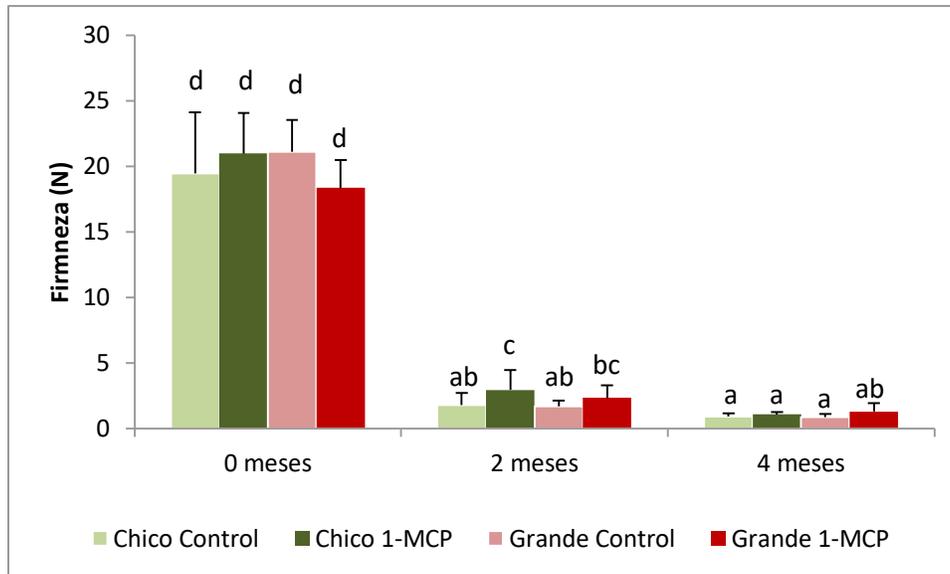
Otro punto importante que impacta sobre el rendimiento de la fruta es la pérdida de agua, evaluada a través de las diferencias de peso. En la Figura 3 se observa a los 2 meses de almacenaje una pérdida de peso en todos los tratamientos con valores promedios cercanos al 5%, mientras que a los 4 meses este valor se incrementa en todos los tratamientos hacia valores que rondan en promedio al 7%, sin existir diferencias significativas entre los tratamientos en ambas fechas ni debidas al tamaño del fruto. Por lo tanto se determina que la pérdida de peso ha sido pareja para todos los tratamientos.

En cuanto a la firmeza de los frutos, se evaluó tanto la firmeza del fruto entero (Figura 4), incluyendo la piel, como así también la pulpa interna (Figura 5). Como se puede observar en la Figura 4, al hacer las determinaciones de firmeza en los frutos con piel, se puede ver que no hay diferencias entre ellos al inicio de los experimentos. Sin embargo, pasados 2 meses hay una fuerte caída en este parámetro en todos los

tratamientos, pero se evidencian diferencias entre los frutos control y tratados con 1-MCP, los cuales mantuvieron una mayor firmeza, independientemente su tamaño. Estas diferencias se mantienen inclusive hasta los 4 meses de almacenamiento en frío, pero con valores menores (Figura 4).



**Figura 4.** Firmeza de frutos con piel de kiwi grandes y chicos sometidos a los tratamientos con y sin 1-MCP, y almacenados por 0, 2 y 4 meses a 3 °C. Las columnas representan los promedios y las barras el desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas basadas en ANOVA, LSD post hoc test con un nivel de significancia de  $P < 0,05$ .



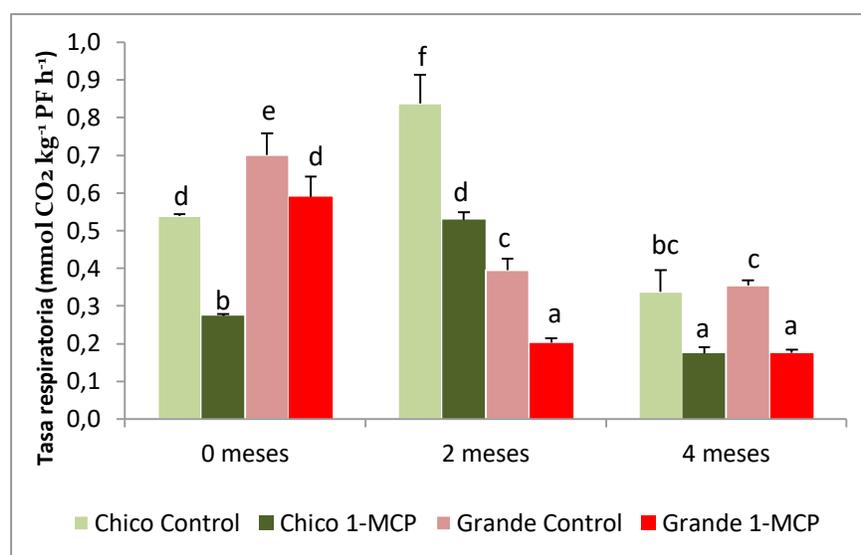
**Figura 5.** Firmeza de pulpa en frutos de kiwi grandes y chicos sometidos a los tratamientos con y sin 1-MCP, y almacenados por 0, 2 y 4 meses a 3 °C. Las columnas representan los promedios y las barras el desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas basadas en ANOVA, LSD post hoc test con un nivel de significancia de  $P < 0,05$ .

Ahora, si analizamos los datos de firmeza de pulpa en la Figura 5, los valores iniciales son similares en frutos grandes y chicos con y sin tratamiento con 1-MCP, siendo significativa la caída a los 2 y 4 meses de almacenamiento. Se observa que el 1-MCP influye en el ablandamiento, haciendo que la pérdida de firmeza sea menor a los dos meses (Figura 5), mostrando una tendencia similar a la encontrada en el fruto con piel (Figura 4). A los 4 meses la pérdida de firmeza es mayor y no se evidencian diferencias estadísticas entre tratamientos (Figura 5), en contraposición a los resultados en fruto entero con piel para el mismo tiempo (Figura 4).

## 5.2 Tasa respiratoria

Uno de los parámetros fisiológicos más importantes que determinan la vida postcosecha del fruto es la tasa respiratoria. En este sentido, dependiendo del tiempo de

almacenamiento se observaron diferencias significativas entre los grupos, debidas al tamaños de fruto y al tratamiento con 1-MCP (Figura 6).



**Figura 6.** Tasa respiratoria en frutos de kiwi chicos y grandes sometidos a los tratamientos con y sin 1-MCP, y almacenados por 0, 2 y 4 meses a 3 °C. Las columnas representan los promedios y las barras el desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas basadas en ANOVA, LSD post hoc test con un nivel de significancia de  $P < 0,05$ .

La tasa respiratoria es menor en frutos grandes y chicos cuando han sido tratados con 1-MCP al inicio, manteniéndose estas diferencias después de 4 meses de almacenamiento en frío. Cabe destacar que a los 2 meses la tasa respiratoria es mayor en frutos pequeños, mientras que los frutos grandes tratados con 1-MCP mostraron los valores más bajos en este parámetro (Figura 6). También se observa que existe coincidencia entre las curvas de decaimiento (Figura 2) y de la tasa respiratoria, siendo esta última un factor predictor del decaimiento y por ende de la vida postcosecha de los frutos. Este punto será desarrollado más en detalle en la discusión.

### 5.3 Color de piel y pulpa y contenido de clorofilas y carotenos

Otro de los parámetros organolépticos en los frutos es el color. En este caso, fueron evaluados los colores de la piel y de la pulpa, en forma conjunta con determinaciones bioquímicas del contenido de clorofilas y carotenoides. Se midieron las variaciones de color empleando un colorímetro obteniéndose los parámetros de L, a\* y b\* (Escala CIELAB) tanto para la piel como para la pulpa (Tablas 1 y 2 respectivamente).

Color de piel				
		Inicial	2 meses	4 meses
L*	Chico Control	55,3 (0) c	53,2 (2) bc	51,3 (1) ab
	Chico 1-MCP	54,6 (1) c	54,2 (3) c	51,4 (2) ab
	Grande Control	54,4 (0) c	50,9 (1) a	50,4 (1) a
	Grande 1-MCP	54,9 (1) c	51,0 (1) a	50,6 (2) a
a*	Chico Control	4,9 (0) abc	5,8 (0) d	5,2 (0) bcd
	Chico 1-MCP	5,2 (0) bcd	5,4 (0) cd	5,3 (0) bcd
	Grande Control	4,5 (0) ab	5,0 (0) bc	5,2 (0) bcd
	Grande 1-MCP	4,2 (0) a	4,8 (0) abc	5,1 (0) bcd
b*	Chico Control	15,1 (1) bc	14,4 (1) abc	13,3 (1) a
	Chico 1-MCP	14,7 (2) abc	13,7 (1) ab	13,4 (1) a
	Grande Control	15,8 (1) c	14,3 (1) abc	14,8 (1) abc
	Grande 1-MCP	14,9 (1) abc	14,2 (1) abc	15,4 (1) c

**Tabla 1.** Luminosidad (L\*) y color de superficie (a\* y b\*) en piel de frutos de kiwi grandes y chicos sometidos a los tratamientos con y sin 1-MCP, y almacenados por 0, 2 y 4 meses a 3 °C. Las cifras representan los promedios y entre paréntesis se detalla el desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas basadas en ANOVA, LSD post hoc test con un nivel de significancia de P<0,05.

En el parámetro L\* tanto frutos grandes y chicos con y sin 1-MCP presentan valores similares al inicio, disminuyendo a los 2 meses en los frutos grandes, e igualándose los valores en todos los tratamientos a los 4 meses de almacenamiento. El valor a\* no presentó diferencias significativas inicialmente entre tratamientos. El valor b\* muestra al inicio valores similares para todos los tratamientos, con una tendencia a disminuir a los 2 y 4 meses de manera no significativa para todos los grupos (Tabla 1).

Color de pulpa				
		Inicial	2 meses	4 meses
L*	Chico Control	64,1 (2,1) e	59,2 (2,7) bc	55,7 (1,4) a
	Chico 1-MCP	63,1 (1,6) de	60,5 (3,3) cd	60,5 (3,4) cd
	Grande Control	62,0 (3,6) cde	59,3 (1,9) bc	57,2 (2,6) ab
	Grande 1-MCP	63,4 (2,2) e	59,3 (2,4) bc	59,5 (2,4) bc
a*	Chico Control	-16,2 (1,3) a	-13,4 (1,7) b	-12,0 (0,8) cd
	Chico 1-MCP	-15,5 (1,2) a	-12,8 (1,1) bc	-12,8 (1,1) bc
	Grande Control	-16,2 (0,9) a	-13,4 (1,4) b	-10,9 (1,6) d
	Grande 1-MCP	-15,9 (1,1) a	-13,0 (1,0) bc	-13,0 (1,0) bc
b*	Chico Control	31,4 (2,5) c	27,5 (3,8) ab	25,9 (1,6) a
	Chico 1-MCP	30,6 (2,9) bc	26,0 (2,7) a	25,9 (2,7) a
	Grande Control	31,3 (2,5) c	26,7 (3,5) a	24,3 (2,6) a
	Grande 1-MCP	31,1 (3,3) c	26,2 (2,5) a	26,2 (2,3) a

**Tabla 2.** Luminosidad (L\*) y color de superficie (a\* y b\*) en pulpa frutos grandes y chicos sometidos a los tratamientos con y sin 1-MCP, y almacenados por 0, 2 y 4 meses a 3 °C. Las cifras representan los promedios y entre paréntesis se detalla el desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas basadas en ANOVA, LSD post hoc test con un nivel de significancia de P<0,05.

Para el color de pulpa (Tabla 2), el valor  $L^*$  no presenta diferencias significativas en los tratamientos al inicio, disminuyendo a los 2 meses de almacenamiento para los frutos chicos con y sin 1-MCP y grandes con 1-MCP. A los 4 meses existen diferencias significativas entre los tratamientos de los frutos chicos con y sin 1-MCP. El valor  $a^*$  presenta valores similares al inicio en todos los tratamientos, aumentando su valor a los 2 meses en todos los tratamientos, en frutos chicos y grandes sin 1-MCP a los 4 meses. El valor  $b^*$  disminuye a los 2 meses en todos los tratamientos manteniéndose en valores similares a los 4 meses de almacenamiento (Tabla 2).

Dentro de los pigmentos estudiados, se evaluaron los contenidos de clorofilas a, b y total, como así también el contenido de carotenos (Tabla 3).

		Inicial	2 meses	4 meses
Clorofila a ( $\mu\text{g mg}^{-1}$ )	Chico Control	0,030 (0,009) bc	0,026 (0,009) abc	0,028 (0,003) bc
	Chico 1-MCP	0,025 (0,005) abc	0,028 (0,007) abc	0,025 (0,006) ab
	Grande Control	0,022 (0,002) a	0,029 (0,008) abc	0,024 (0,004) abc
	Grande 1-MCP	0,026 (0,004) abc	0,031 (0,005) c	0,027 (0,010) abc
Clorofila b ( $\mu\text{g mg}^{-1}$ )	Chico Control	0,031 (0,015) c	0,019 (0,006) ab	0,014 (0,001) a
	Chico 1-MCP	0,023 (0,008) b	0,015 (0,004) ab	0,019 (0,005) ab
	Grande Control	0,019 (0,004) b	0,016 (0,003) ab	0,025 (0,003) b
	Grande 1-MCP	0,022 (0,003) ab	0,018 (0,001) ab	0,020 (0,004) b
Clorofila Total ( $\mu\text{g mg}^{-1}$ )	Chico Control	0,061 (0,024) b	0,045 (0,004) a	0,042 (0,004) a
	Chico 1-MCP	0,048 (0,012) a	0,043 (0,011) a	0,044 (0,011) a
	Grande Control	0,041 (0,007) a	0,045 (0,010) ab	0,048 (0,004) ab
	Grande 1-MCP	0,047 (0,007) a	0,018 (0,001) ab	0,047 (0,006) ab
Carotenos ( $\mu\text{g mg}^{-1}$ )	Chico Control	3,73 (1,16) bc	3,896 (0,304) bc	3,933 (0,781) bc
	Chico 1-MCP	3,03 (0,78) a	3,955 (0,171) c	3,600 (0,808) abc
	Grande Control	2,929 (0,220) a	3,578 (0,601) abc	3,876 (0,674) bc
	Grande 1-MCP	3,13 (0,41) ab	3,917 (0,417) bc	3,663 (0,536) abc

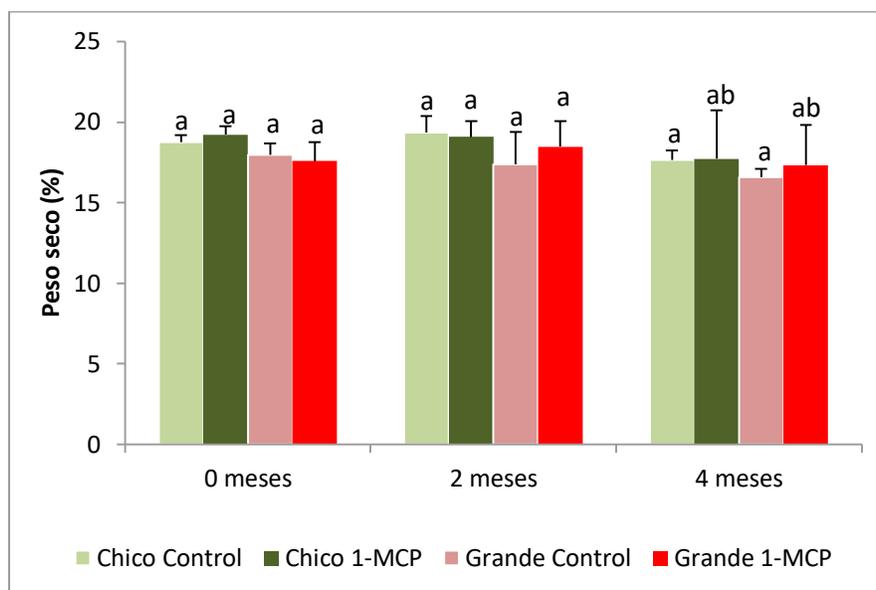
**Tabla 3.** Clorofila a, b, total y carotenos, en frutos grandes y chicos sometidos a los tratamientos con y sin 1-MCP, y almacenados por 0, 2 y 4 meses a 3 °C. Los números representan los promedios y entre paréntesis el desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas basadas en ANOVA, LSD post hoc test con un nivel de significancia de  $P < 0,05$ .

No se observan diferencias significativas ni en los valores de clorofila a ni en los de clorofila b en los tratamientos. En cuanto al contenido de clorofilas totales los valores son similares, salvo para los frutos chicos sin 1-MCP que son más elevados al inicio. A los 2 y 4 meses disminuye su valor para todos los tratamientos de forma no significativa. El contenido de carotenos no presentó variaciones estadísticamente significativas, ni entre tratamientos ni a lo largo del tiempo de almacenamiento. Sólo puntualmente se observa

una disminución en el contenido de carotenos en los frutos chicos tratados con 1-MCP al inicio del experimento, pero dichas diferencias no pudieron ser encontradas a los 2 y 4 meses de almacenamiento en frío (Tabla 3).

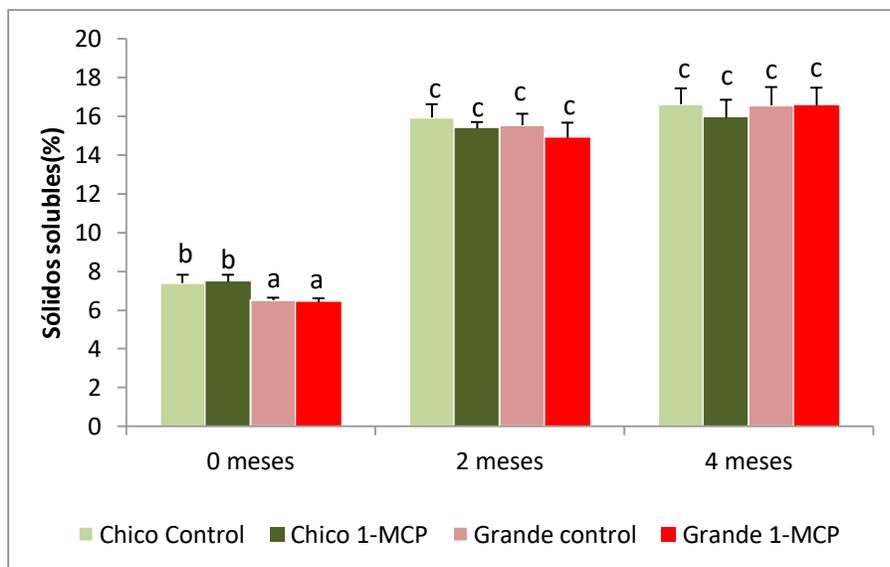
#### 5.4 Calidad de Fruto

Dentro de los parámetros de calidad, se midieron el peso seco (Figura 7), contenido de sólidos solubles totales (Figura 8), pH, acidez total titulable y RATIO (Tabla 4).



**Figura 7.** Peso seco en frutos de kiwi grandes y chicos sometidos a los tratamientos con y sin 1-MCP, y almacenados por 0, 2 y 4 meses a 3 °C. Las columnas representan los promedios y las barras el desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas basadas en ANOVA, LSD post hoc test con un nivel de significancia de  $P < 0,05$ .

Dentro de los parámetros que determinan la ulterior calidad gustativa de los frutos de kiwi, el peso seco juega una función importante. En este caso, no se observan diferencias estadísticamente significativas en el almacenamiento prolongado, ni entre tratamientos en ninguna de las fechas estudiadas, por lo que ni el tamaño, ni la aplicación de 1-MCP estarían influyendo sobre este parámetro (Figura 7).



**Figura 8.** Contenido de sólidos solubles totales (% p/p) en frutos de kiwi grandes y chicos sometidos a los tratamientos con y sin 1-MCP, y almacenados por 0, 2 y 4 meses a 3 °C. Las columnas representan los promedios y las barras el desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas basadas en ANOVA, LSD post hoc test con un nivel de significancia de  $P < 0,05$ .

Con respecto al contenido de sólidos solubles es mayor en frutos chicos con y sin 1-MCP, respecto de los frutos grandes al inicio. Su contenido aumenta con el almacenamiento en frío a los 2 meses, manteniendo sus valores constantes a los 4 meses en todos los tratamientos (Figura 8).

	Tratamiento	Inicial	2 meses	4 meses
pH	Chico Control	3,6 (0,0) ab	3,6 (0,0) ab	3,6 (0,1) ab
	Chico 1-MCP	3,6 (0,0) ab	3,6 (0,0) ab	3,7 (0,1) ab
	Grande Control	3,7 (0,1) ab	3,7 (0,1) b	3,6 (0,1) ab
	Grande 1-MCP	3,6 (0,1) a	3,7 (0,0) ab	3,7 (0,1) b
Acidez Total Titulable (g ác. cítrico L <sup>-1</sup> )	Chico Control	16,8 (0,8) cde	16,6 (0,9) bcde	14,6 (2,4) a
	Chico 1-MCP	17,6 (0,5) de	17,0 (0,4) cde	16,1 (2,4) abcd
	Grande Control	18,3 (1,0) e	16,5 (0,5) bcd	15,6 (1,0) abc
	Grande 1-MCP	17,5 (1,0) de	16,3 (0,3) abcd	15,1 (0,6) ab
RATIO	Chico Control	4,4 (0,2) a	9,6 (0,5) bc	11,6 (2,0) e
	Chico 1-MCP	4,3 (0,1) a	9,0 (0,2) b	10,1 (1,7) bcd
	Grande Control	3,6 (0,2) a	9,4 (0,3) b	10,6 (0,7) cde
	Grande 1-MCP	3,7 (0,2) a	9,2 (0,2) b	11,0 (0,5) de

**Tabla 4.** pH, acidez total titulable (g ácido cítrico L<sup>-1</sup>) y RATIO en frutos grandes y chicos sometidos a tratamientos con y sin 1-MCP, almacenados por 0, 2 y 4 meses a 3 °C. Los números representan los promedios y entre paréntesis se informa el desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas basadas en ANOVA, LSD post hoc test con un nivel de significancia de P<0,05.

Con respecto al pH no existen diferencias significativas entre los valores de los frutos de los distintos tratamientos, ni con el almacenaje prolongado manteniéndose en valores cercanos a 3,6 (Tabla 4). La acidez total titulable mantiene los valores a los 2 meses para todos los tratamientos con excepción los frutos grandes sin 1-MCP quienes disminuyen en 2 puntos su acidez, con una tendencia a la disminución a los 4 meses, (Tabla 4). En lo que respecta al RATIO, que es la razón del contenido de sólidos solubles sobre la acidez total titulable, se ve un aumento en todos los tratamientos a medida que

avanza el almacenamiento en frío (Tabla 4). Este efecto es debido al aumento en el contenido de sólidos solubles (Figura 8) y a la disminución de la acidez total titulable (Tabla 4).

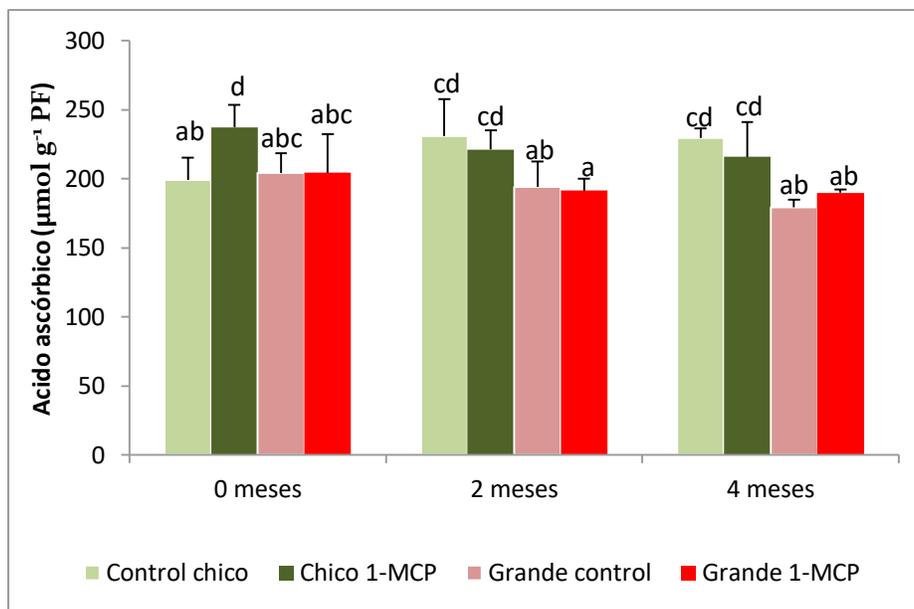
Para complementar estos resultados se determinaron el contenido de los azúcares reductores y de los azúcares solubles totales en los frutos. En cuanto a los azúcares reductores, no se observaron variaciones significativas entre tratamientos ni con el almacenaje, sin embargo, los azucares totales se incrementan a los 2 meses para frutos chicos (con y sin tratamiento con 1-MCP) y grandes sin 1-MCP y a los 4 meses se incrementan significativamente en los frutos chicos (con y sin tratamiento con 1-MCP) y en los grandes siendo significativamente distinto solo para el tratamiento con 1-MCP. Se observa también que la diferencia entre azucares reductores y totales es mínima al inicio y aumenta con el almacenaje, indicando la tendencia hacia la formación de azucares totales con el almacenamiento en postcosecha a 3 °C. Cabe aclarar que este efecto es más marcado en los frutos chicos que en los grandes (Tabla 5).

	Tratamiento	Inicial	2 meses	4 meses
Azúcares	Chico Control	60 (10) ab	71 (18) ab	75 (20) b
	Chico 1-MCP	53 (11) a	68 (13) ab	81 (5) b
Reductores	Grande Control	56 (4) ab	81 (22) b	68 (12) abcd
	Grande 1-MCP	62 (11) abc	67 (14) ab	66 (3) ab
Azúcares	Chico Control	61 (10)ab	86 (15) de	83 (19) de
	Chico 1-MCP	53 (11) a	76 (12) bcd	98 (12) e
Totales	Grande Control	59 (6) ab	86 (29) de	73 (26) ab
	Grande 1-MCP	65 (13) ab	69 (10) abcd	77 (9) cde

**Tabla 5.** Azúcares reductores y azúcares totales en frutos grandes y chicos sometidos a los tratamientos con y sin 1-MCP, y almacenados por 0, 2 y 4 meses a 3 °C. Los números representan los promedios y entre paréntesis se informa el desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas basadas en ANOVA, LSD post hoc test con un nivel de significancia de  $P < 0,05$ .

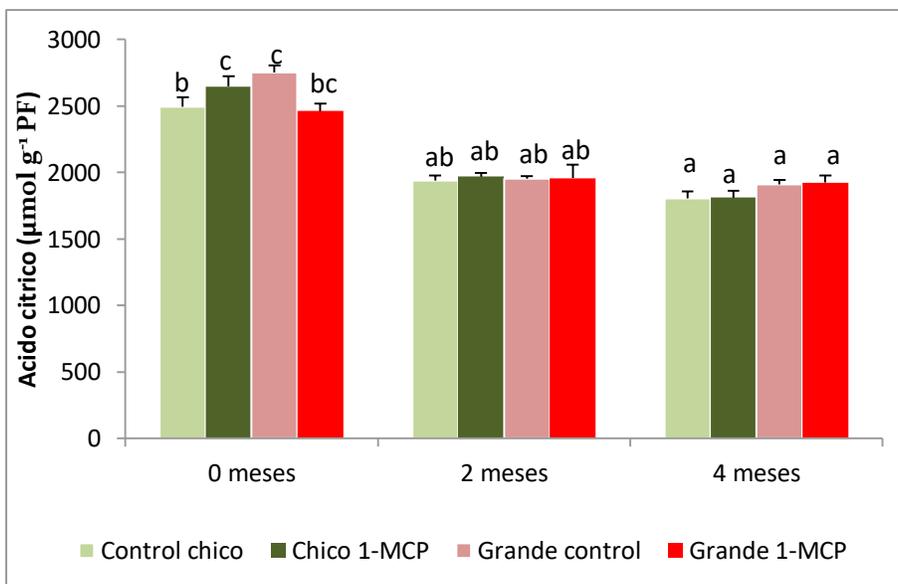
### 5.5 Contenido de ácido ascórbico y ácidos orgánicos

Dentro de los parámetros de calidad nutracéutica, se evaluó el contenido de ácido ascórbico (como uno de los principales antioxidantes en vegetales). Se observa que los frutos chicos tratados o no con 1-MCP mantuvieron valores mayores de este antioxidante a los 2 y 4 meses de almacenamiento (Figura 9). Los frutos grandes no evidenciaron diferencias significativas entre el grupo control y los tratados con 1-MCP, ni con el almacenamiento, y presentaron valores estadísticamente menores a los frutos chicos a los 2 y 4 meses de almacenamiento en frío (Figura 9).

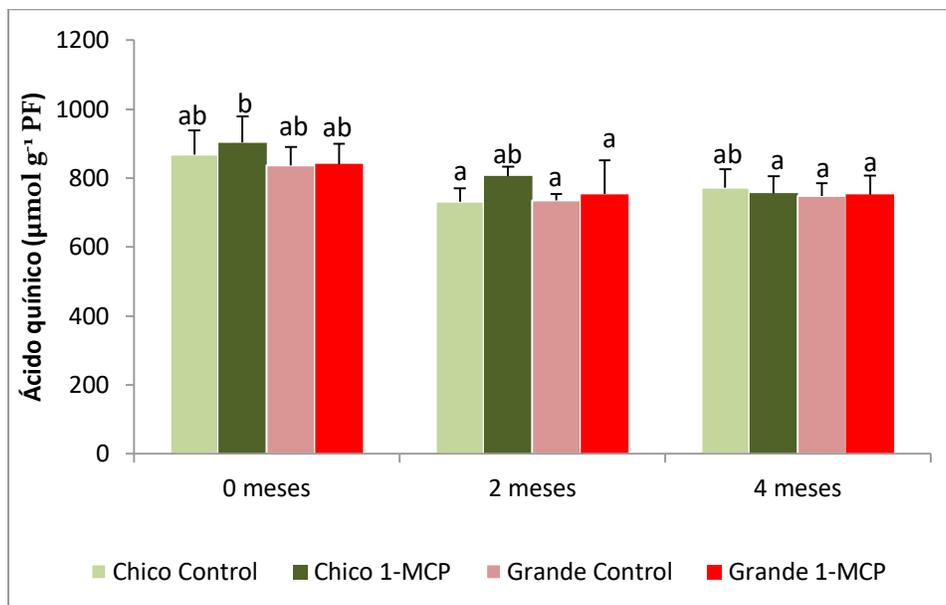


**Figura 9.** Contenido de ácido ascórbico en frutos de kiwi grandes y chicos sometidos a los tratamientos con y sin 1-MCP, y almacenados por 0, 2 y 4 meses a 3 °C. Las columnas representan los promedios y las barras el desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas basadas en ANOVA, LSD post hoc test con un nivel de significancia de  $P < 0,05$ .

En relación al contenido de ácidos orgánicos, se observó la disminución en el contenido ácido cítrico para todos los tratamientos luego del almacenamiento en frío, sólo evidenciándose un aumento en el tratamiento de los frutos chicos con 1-MCP respecto de su control, exclusivamente al inicio del almacenamiento (Figura 10).

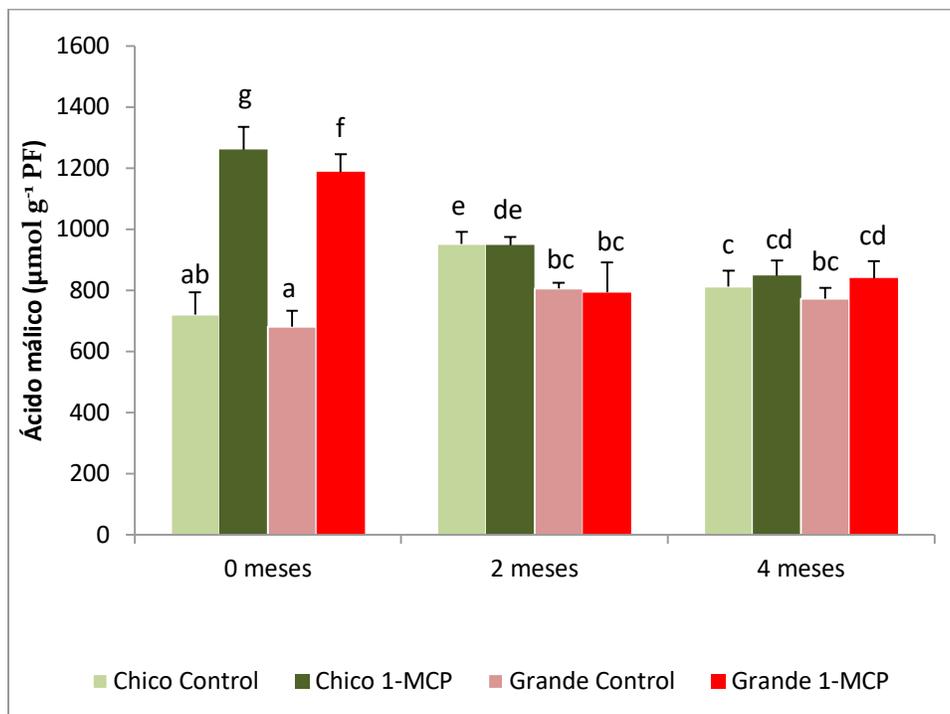


**Figura 10.** Contenido de ácido cítrico en frutos de kiwi grandes y chicos sometidos a los tratamientos con y sin 1-MCP, y almacenados por 0, 2 y 4 meses a 3 °C. Las columnas representan los promedios y las barras el desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas basadas en ANOVA, LSD post hoc test con un nivel de significancia de  $P < 0,05$ .



**Figura 11.** Contenido de ácido quínico en frutos de kiwi grandes y chicos sometidos a los tratamientos con y sin 1-MCP, y almacenados por 0, 2 y 4 meses a 3 °C. Las columnas representan los promedios y las barras el desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas basadas en ANOVA, LSD post hoc test con un nivel de significancia de  $P < 0,05$ .

En cuanto al contenido de ácido quínico, no se observan diferencias significativas ni entre tratamientos ni en los diferentes momentos de cosecha (Figura 11).



**Figura 12.** Contenido de ácido málico en frutos de kiwi grandes y chicos sometidos a los tratamientos con y sin 1-MCP, y almacenados por 0,2 y 4 meses a 3 °C. Las columnas representan los promedios y las barras el desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas basadas en ANOVA, LSD post hoc test con un nivel de significancia de  $P < 0,05$ .

El contenido de ácido málico se ve incrementado en los frutos grandes y chicos al ser tratados con 1-MCP en el momento inicial, si se los compara con sus respectivos controles. A los 2 meses de almacenamiento, los frutos chicos (control y tratados con 1-MCP) tienen contenidos de ácido málico superiores a los frutos grandes, llegando a los 4 meses con una mayor disminución, pero sin diferencias estadísticas en todos los tratamientos (Figura 12).

## 6. Discusión

Uno de los principales parámetros que define el precio de la mayoría de los frutos comercializados es el tamaño de los mismos: a mayor tamaño, mayor es el precio (Jaeger *et al.*, 2011). Estudios realizados sobre la calidad y parámetros que buscan los consumidores ponen a la materia seca, el tamaño y el precio como principales atributos que inducen a la compra (Jaeger *et al.*, 2011). Para lograr estos objetivos, la fruticultura tiende a utilizar diversas herramientas tecnológicas, como por ejemplo la realización del raleo de frutos (Richardson y McAneney, 1990; Burge *et al.*, 1987), la aplicación de reguladores citoquinínicos, como es el  $N_1$ -(2-cloro-4-piridil)- $N_3$ -fenilurea (CPPU) (Kim *et al.*, 2006) o la mejora en el proceso de polinización para aumentar la cantidad de semillas (Vasilakakis *et al.*, 1997), para aumentar el tamaño de los frutos de kiwi. Todo esto, impacta directamente sobre la calidad de los frutos y en su vida postcosecha, pero ha sido escasamente estudiado en postcosecha.

Dentro de los pocos trabajos que han discriminado frutos de kiwi grandes y chicos y su comportamiento en postcosecha, se puede nombrar al trabajo de Crisosto *et al.* (1999), quienes encontraron que los frutos pequeños perdían más rápidamente la firmeza, inclusive bajo condiciones de atmósfera modificada en períodos de almacenamiento postcosecha. Sin embargo, estos autores no indagaron de cuáles podrían ser los determinantes de este comportamiento. Es por ello que en este trabajo se han evaluado otros parámetros y combinado con la acción del 1-MCP para estudiar el comportamiento de frutos de diferente tamaño en el almacenamiento en frío. La discusión de los resultados será presentada en diferentes secciones, tratando de agrupar los resultados de acuerdo a características de calidad, organolépticas y nutracéuticas.

### 6.1 Decaimiento, pérdida de peso y firmeza

La utilización del 1-MCP es de amplio conocimiento en el área de postcosecha desde hace décadas. Dicha molécula actúa bloqueando los receptores de etileno, evitando así la cadena de respuesta de esta hormona (Blankeship y Dole, 2003). En el caso particular del kiwi, un fruto climatérico altamente sensible a las fuentes exógenas de etileno, presenta respuestas al etileno en concentraciones tan bajas como 0.01 ppm a 0,03 ppm (McDonald y Harman, 1982; Jeffery y Banks 1994), desencadenando el proceso de rápido ablandamiento. El por ello que tratamientos con 1-MCP han demostrado una muy buena eficacia en retardar este proceso (Regioli y Vriends, 2007)

A partir de los resultados obtenidos, uno de los primeros parámetros visuales realizados fue la determinación del decaimiento de los frutos (Figura 2). En este caso, los frutos pequeños sin tratamiento con 1-MCP fueron los que tuvieron valores mayores, siendo el 1-MCP determinante en la disminución de este proceso de deterioro a los cuatro meses de almacenamiento en frío. La misma tendencia fue encontrada en frutos grandes, pero con valores de inferior magnitud (Figura 2). Resultados similares fueron encontrados por Park *et al.* (2014), quienes a su vez aislaron diferentes patógenos que afectan la vida postcosecha de kiwi. En nuestro caso, consideramos a los frutos decaídos debido a la excesiva pérdida de agua, pero no hubo en ninguno de los casos observación visual de presencia de hongos causando pudriciones.

Otro punto muy importante aclarar en esta instancia es la comparación con la tasa respiratoria. Es ampliamente sabido que la tasa respiratoria correlaciona inversamente con la vida postcosecha de cualquier fruto u órgano de consumo (Kader, 2002). En nuestro caso, se puede observar exactamente la misma tendencia en la tasa respiratoria a los 2 meses entre los diferentes tratamientos (Figura 6), respecto del decaimiento a los 4 meses experimentado por los frutos (Figura 2). Es de destacar que una vez más, la tasa respiratoria ha permitido predecir con 2 meses de antelación un patrón que se vio manifestado en el decaimiento a los 4 meses de almacenamiento en frío.

Comenzando desde la cosecha, en cuanto a los valores iniciales de firmeza de pulpa, en nuestro ensayo en promedio es de 19,9 N en todos los frutos, independientemente de si son chicos o grandes (Figura 5), estando dentro del rango establecido para esta variedad en particular, que es de 18 N (Cooper et al, 2007). En otros cultivares de *A. deliciosa*, Nardozza et al. (2011) encontraron que los frutos más pequeños fueron más firmes que los grandes. En este punto, cabe aclarar que la decisión de medir firmeza de pulpa (sin cáscara) y firmeza de fruto entero (con cáscara) obedeció a los resultados encontrados por MacRae et al. (1989), quienes encontraron, que dependiendo de la región del fruto, los patrones de pérdida de firmeza y degradación de almidón eran diferentes entre el centro del fruto (*core*), la pulpa propiamente dicha y la corteza o parte exterior.

Trabajos previos han demostrado que la pérdida de firmeza puede ser prevenida por la aplicación de 1-MCP (Park et al., 2014), ayudando en la ralentización de este proceso la utilización de frío (Boquete et al., 2004). En nuestro caso, el efecto del 1-MCP mejora la firmeza de los frutos, tanto chicos como grandes a los 2 meses, tanto a nivel de fruto entero con piel (Figura 4), como de pulpa (Figura 5). A los 4 meses estas diferencias son sólo evidentes en la firmeza del fruto entero (Figura 4), pero no internamente en la pulpa (Figura 5), coincidiendo con las predicciones que hiciera MacRae et al. (1989), donde el ablandamiento en el fruto no ocurre al mismo ritmo, sino que es sectorizado. Por otro lado, la caída en la firmeza es muy rápida en estos frutos (Figuras 4 y 5), como también observaron Park et al. (2014) cuando los frutos fueron almacenados a 0 °C, pero la aceleración del desmantelamiento de la pared celular se ve aún más incrementada, cuando los frutos son almacenados a temperatura ambiente (20 °C), llegando a perder la integridad en el término de días, aún con la aplicación de 1-MCP (Boquete et al., 2004). A partir de estos resultados y los encontrados en otros trabajos, se podría concluir que el

frío como tratamiento postcosecha es indispensable para este tipo de frutos, combinándose con otras tecnologías.

En relación a la pérdida de firmeza, se ve un aumento de la pérdida de peso, debido a la transpiración de los frutos. En nuestro caso, los frutos fueron almacenados a 3 °C con una humedad relativa del 81%. En este caso, las pérdidas de peso estuvieron en un promedio de 4,5% a los 2 meses y 7,3% a los 4 meses (Figura 3), siendo estos valores similares encontrados en por Gullo *et al.* (2016) y Fatelmi *et al.* (2014). En el caso de esta tesis, no se reportaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en ninguna de las dos fechas estudiadas, por lo que se podría afirmar que los cambios ocurridos en la firmeza entre tratamientos (Figuras 4 y 5) fueron debidos a la degradación de los componentes de la pared celular, más que por la turgencia celular (Figura 3).

## **6.2 Color de piel y pulpa y contenido de clorofilas y carotenos**

En cuanto a los parámetros de color de piel (Tabla 1) y pulpa (Tabla 2), no se han reportado diferencias sustanciales a lo largo del almacenamiento postcosecha, inclusive entre tratamientos, coincidiendo con los resultados encontrados en el contenido de clorofilas y carotenos (Tabla 3). Sólo se han reportado cambios significativos en el tiempo de los parámetros L\* y a\*, tanto en pulpa como en piel, pero similares tendencias entre tratamientos. (Tablas 1 y 2). Es de esperar que se den estos resultados, ya que la mayoría de los cambios de color ocurren durante el proceso de crecimiento y maduración de los frutos y los posibles cambios no son tan significativos en la postcosecha, como han reportado Gullo *et al.* (2016), en donde el momento de cosecha influía fuertemente en los parámetros de color L\*, a\* y b\*.

En el caso de los cambios detectados con el colorímetro (Tablas 1 y 2), pero no registrados por la extracción con solventes (Tabla 3), es probable que las técnicas utilizadas para clorofilas y carotenos, no sean lo suficientemente precisas para detectar

diferencias de menor escala. Para futuros trabajos, se deberían estudiar los contenidos de estos y otros pigmentos por técnicas de HPLC, sumado a los compuestos de degradación de los mismos (e.g. clorofilina, feofitina, etc.), como describe Cano (1991).

### **6.3 Calidad de frutos**

Dentro de los parámetros que pueden predecir la calidad de los frutos y su futuro comportamiento en postcosecha, se puede nombrar al contenido de peso seco. El peso seco se encuentra positivamente correlacionado con el contenido de carbohidratos no estructurales, el contenido de sólidos solubles y la acidez total titulable y se encuentra inversamente relacionado con la vida postcosecha y el rendimiento por hectárea; es decir plantaciones de alto rendimiento acumulan menor contenido de sólidos (Famiani *et al.*, 2012). A su vez, el peso seco se encuentra positivamente relacionado con la firmeza del fruto (Nardoza *et al.*, 2011). En el caso estudiado, tanto los tratamientos, como las diferentes fechas en el almacenamiento no arrojaron diferencias significativas, estando este parámetro determinado durante el periodo de crecimiento del fruto en el campo (Famiani *et al.*, 2012). Los valores encontrados rondan el 18% de peso seco en promedio (Figura 7) encontrándose entre los valores normales hallados por Famiani *et al.* (2012).

Otro de los parámetros que determinan la calidad organoléptica de los frutos son el contenido de sólidos solubles, la acidez total titulable y el RATIO; este último calculado como resultado del cociente entre los sólidos solubles y la acidez total titulable. Estos parámetros son medidos rutinariamente para medir la evolución del sabor en kiwi (McMath *et al.* 1992; Marsh *et al.* 2004). En contenido de sólidos solubles al momento de la cosecha de este ensayo fue de un promedio de 6,9 % p/p, estando muy cerca del valor establecido para esta variedad que es de 6,5 % p/p y la ventana de consumo por arriba del 14 % p/p (Rushing, 2016). En nuestro caso, los valores llegan a 16 % a los 2 meses y se mantienen en valores similares a los 4 meses de almacenamiento a 3 °C.

El RATIO es uno de los mejores predictores del sabor en kiwi, especialmente para la variedad "Hayward" y que el contenido de acidez total titulable es relevante sólo cuando el contenido de sólidos solubles es insuficiente (Crisosto y Crisosto 2001). En nuestro caso, el contenido de sólidos solubles al momento de la cosecha fue de 7,44 % p/p para frutos chicos y un poco menores (pero con diferencias significativas) en frutos grandes, llegando a un promedio de 6,48 % p/p (Figura 8). Luego durante el almacenamiento en frío, los valores ascienden, pero dichas diferencias se ven diluidas (Figura 8). La acidez total titulable presenta una leve disminución en todos los casos, pero muchas veces sin significancia (Tabla 4). La tendencia más fuerte al aumento, acompañando a los sólidos solubles (Figura 8), se ve en el RATIO, aumentando en todos los casos, traccionado por el incremento en los sólidos solubles, pero sin evidenciar diferencias entre tratamientos.

Tratando de ahondar un poco más en la evolución de los sólidos solubles en kiwi, determinados estos por el desdoblamiento del almidón en el fruto hacia azúcares simples (Jordan *et al.*, 2000), en este caso, se analizaron el contenido de azúcares solubles reductores y no reductores (Tabla 5). A partir de los resultados obtenidos en este ensayo, la diferencia entre azúcares reductores y totales es mínima al momento de la cosecha, incrementándose significativamente a los 2 y 4 meses, pero incrementándose aún más los azúcares totales durante el almacenamiento en postcosecha a 3 °C. Esta tendencia se evidenció más aún en frutos chicos (Tabla 5). Estos resultados podrían ser el puntapié para futuras determinaciones y discriminar los diferentes mono y disacáridos que podrían estar incrementándose en el proceso de maduración (Barboni y Chiaramonti, 2006).

#### **6.4 Ácidos orgánicos y vitamina C**

De acuerdo a la reciente revisión realizada por Burdon (2018), dentro de los ácidos orgánicos, en el cultivar "Hayward" hay una prevalencia del ácido cítrico, seguido por el ácido quínico y finalmente málico (deJong, 1990; Nishiyama *et al.*, 2008). Durante el

proceso de maduración, el ácido cítrico muestra un fuerte incremento llegando a un pico, mientras que el ácido quínico se encuentra en altas concentraciones, para después disminuir y mantenerse en concentraciones estables (Okuse y Ryugo, 1981; Walton y deJong, 1990; Marsh *et al.*, 2009).

En nuestro caso, el contenido de ácido cítrico disminuye significativamente a lo largo del almacenamiento (Figura 10), no así el ácido quínico (Figura 11). Estos datos coinciden con los datos discutidos de acidez total titulable a los 4 meses (Tabla 4), especialmente en el ácido más abundante, el ácido cítrico. En lo que respecta al ácido málico cabe aclarar que al momento de cosecha se produce un incremento ante la aplicación de 1-MCP, tanto para frutos chicos, como para los frutos grandes (Figura 12), para luego disminuir nuevamente y no encontrar diferencias entre tratamientos. Trabajos previos, pero con aplicaciones de 1-MCP por períodos más prolongados, hicieron que los frutos tratados con este inhibidor de la acción del etileno, retrasaran su proceso de maduración y mantuvieran el contenido de ácidos totales en valores superiores al control, retrasando así la ventana de consumo y aumentando la vida postcosecha (Asiche *et al.*, 2016).

Dentro de los otros ácidos orgánicos, encontramos al ácido ascórbico, el cual constituye la Vitamina C y es de fundamental importancia para la dieta humana, siendo las diferentes especies del género *Actinidia spp.* importantes fuentes de este antioxidante (Ferguson y MacRae, 1992).

En cuanto a los efectos del tamaño de frutos, muy pocos trabajos pudieron ser encontrados en kiwi, siendo una de las primeras referencias el trabajo de Crisosto *et al.* (1999). Años más tarde, Kim *et al.* (2006) determinaron que las aplicaciones de CPPU inducían cambios en el tamaño de los frutos, junto con una reducción del contenido de ácido ascórbico en frutos de kiwi, con una tendencia inversa al tamaño; vale decir que frutos más chicos tenían mayor contenido de este antioxidante, mientras que frutos más grandes, su concentración bajaba significativamente. A pesar de encontrar estas

diferencias, estos autores no hicieron un análisis del comportamiento de estos frutos en almacenamiento en frío.

En nuestro caso, durante el almacenamiento postcosecha, se evidenció en los frutos más pequeños una tendencia estadísticamente significativa a un aumento en el contenido de ácido ascórbico, respecto de los frutos grandes; pero independiente de la aplicación o no de 1-MCP a los 2 y 4 meses de almacenamiento postcosecha (Figura 9). Cabe destacar que el contenido de este antioxidante no mermó durante el ensayo, contrariamente al trabajo de Tavarini *et al.* (2008), pero sin la discriminación de tamaño de los frutos de kiwi a los 2 y 4 meses de almacenamiento en frío.

Como es sabido, el contenido de ácido ascórbico se encuentra influenciado por factores de precosecha, como los cultivares, las condiciones climáticas, las labores culturales (poda, raleo y fertilización); y de postcosecha, como el momento de cosecha, el método de cosecha, el manejo de la temperatura y humedad, los tratamientos químicos y físicos en postcosecha y los métodos de procesamiento (Lee y Kader, 2000). Todo esto estaría dificultando la predicción del contenido de este antioxidante por un efecto multifactorial. En paralelo y en otros cultivos frutícolas, como es el caso de manzano, el raleo y tamaño de los frutos no vio afectado el contenido de ácido ascórbico, pero otros compuestos antioxidantes, como son los fenoles, se vieron incrementados con bajas cargas de fruta (Stopar *et al.*, 2002). Futuros ensayos deberían considerar otros antioxidantes tanto enzimáticos como no enzimáticos en sus estudios y en el impacto que tiene el tamaño de los frutos sobre su contenido y evolución en el almacenamiento postcosecha.

## **7. Conclusiones**

En este trabajo se evaluó el efecto de la aplicación de 1-MCP sobre la calidad de frutos de kiwi en almacenaje postcosecha, así como el efecto del tamaño de los frutos. En

el caso de los tratamientos con aplicación de 1-MCP, el efecto del bloqueo de los receptores de etileno influyó en algunos parámetros postcosecha, de forma diferencial en frutos chicos y grandes.

Se destaca el efecto sobre la firmeza del fruto y la disminución de las pérdidas por decaimiento en frutos tratados. El 1-MCP también evitó el aumento de la tasa respiratoria y la redujo significativamente en frutos grandes y chicos en el momento de la cosecha y después de 4 meses de almacenamiento en frío.

En cuanto a la calidad nutricional, los frutos chicos tendieron a tener mayores contenidos de ácido ascórbico y de sólidos solubles que los frutos grandes. La aplicación de 1-MCP tuvo influencia sobre el contenido de ácido málico desde el momento inicial, mientras que el resto de los ácidos orgánicos tendieron a disminuir a medida que avanzaba el tiempo de almacenamiento en frío.

Como el 1-MCP afecta diferencialmente a frutos chicos y grandes, esto debiera ser considerado a la hora de realizar el empaque de la fruta y en el tiempo que ésta tarda en llegar al consumidor. Sería conveniente la separación por tamaños en el empaque y la venta anticipada de los frutos con tamaño menor.

Se ha encontrado poca información sobre la influencia del tamaño en el mantenimiento de la calidad nutricional del kiwi, por lo que sería necesario profundizar en las investigaciones para comprender los efectos del tamaño de la fruta, ya que este constituye uno de los factores precosecha que impactan en el mantenimiento de la calidad en la postcosecha.

## 8. Referencias bibliográficas

- Angeletti, P., Castagnasso, H., Miceli, E., Terminello, L., Concellón, A., Chaves, A., Vicente, A.R., 2010. Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality, softening and cell wall degradation of two blueberry (*Vaccinium corymbosum*) varieties. *Postharvest Biology and Technology* 58: 98-103.
- Arpaia, M.L., Mitchell, F.G., Kader, A.A., Mayer, G., 1985. Effects of 2% O<sub>2</sub> and varying concentrations of CO<sub>2</sub> with or without C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> on the storage performance of kiwifruit. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 110: 200-203.
- Asiche, W.O., Mworira, E.G., Oda, C., Mitalo, O.W., Owino, W.O., Ushijima, K., Nakano, R., Kubo, Y., 2016. Extension of Shelf-life by Limited Duration of Propylene and 1-MCP Treatments in Three Kiwifruit Cultivars. *The Horticulture Journal* 85(1): 76–85.
- Barboni, T. y Chiaramonti, N., 2006. Use of Deconvolution Methods for the Analysis of Sugars in Kiwi Juice by HPLC. *Chromatographia* 63: 445-448.
- Benés, G. y Viteri, M.L., 2014. Interacciones Sociales en la Conformación de Espacios de Innovación. El caso del kiwi en el Sudeste Bonaerense (Argentina). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponible on line: [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_bens\\_viteri\\_alasru\\_mx\\_kiwi\\_2014.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_bens_viteri_alasru_mx_kiwi_2014.pdf) (Última visita 17 de marzo de 2021).
- Benés, G., Viteri, M.L., Yommi, A., 2014. Kiwi marplatense: trayectoria de un negocio innovador. Trabajo de investigación. Asociación Argentina de Economía Agraria. Octubre de 2014. Disponible on line: [http://www.aaea.com.ar/upload/files/publicaciones/146\\_20170111120622\\_T26.pdf](http://www.aaea.com.ar/upload/files/publicaciones/146_20170111120622_T26.pdf) (Última visita 18 de marzo de 2021).
- Blankenship, S.M. y Dole, J.M., 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biol. Technol.* 28, 1–25.
- Boquete, E.J., Trincherro, 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.
- Boukouvalas, S. y Chouliaras, V., 2005. Factors affecting storage life in kiwifruit. *AgroThesis* 3: 26-32.
- Burdon, J., Lallu, N., Pidakala, P., Barnett, A., 2013. Soluble solids accumulation and postharvest performance of 'Hayward' kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 80:1-8.
- Burge, G.K., Spence, C.B., Marshall, R.R., 1987. Kiwifruit: Effects of thinning on fruit size, vegetative growth, and return bloom. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 15(3): 317-324.
- Cano, M.P., 1991. HPLC separation of chlorophyll and carotenoid pigments of four kiwifruit cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 39(10): 1786–1791.
- Cooper, T., Garguillo, A., Retamales, J., 2007. Kiwifruit Softening: Comprehensive Research Approach in Chile and Relevant Results. *Acta Horticulturae* 753: 289-296.
- Correa, E.C, Diezma, B., Lle, L, Yommi, A., Soto, X. y Ruiz-Altisent, M., 2014. Determinación de la calidad interna del kiwi mediante técnicas no destructivas: impacto e imagen hiperspectral. En: *Avances en la Postcosecha de Frutas y Hortalizas*. Zacarías L., Ballester A.R., Marcos J.F. y Pérez-Gago M.B. (Editores). Valencia, España.
- Crisosto, C.H., Crisosto, G.M., 2001. Understanding consumer acceptance of earlyharvested 'Hayward' kiwifruit. *Postharvest Biol. Technol.* 22: 205–213.

- Crisosto, C.H., Garner, D., Johnson, R.S., Zoffoli, J.P.**, 1992. *Maturity indices for kiwifruit*. Sacramento: California Kiwifruit Commission.
- Crisosto, C.H., Garner, D., Saez, K.**, 1999. Kiwifruit size influences softening rate during storage. *California Agriculture* 53: 29-31.
- Crisosto, CH y Mitchell, G**, 2002. Postharvest Handling Systems: Small Fruits. III. Kiwifruit. En: *Postharvest technology of horticultural crops*, third edition. Kader, AA. (editor). University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, pp 371-374.
- DCA(Dirección de Cadenas Alimentarias, MAGyP)**, 2020. Cadena de kiwi. [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Cadenas%20de%20Valor%20de%20Alimentos%20y%20Bebidas/informes/Resumen\\_Cadena\\_KIWI\\_ENERO\\_2020.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Cadenas%20de%20Valor%20de%20Alimentos%20y%20Bebidas/informes/Resumen_Cadena_KIWI_ENERO_2020.pdf). (Última visita 10 de mayo 2021).
- DeFelice, S.L.**, 1995. The nutraceutical revolution: its impact on food industry R&D. *Trends in Food Science and Technology* 6(2): 59-61.
- Famiani, F., Baldicchi, A., Farinelli, D., Cruz-Castillo, J.G., Marcocchi, F., Mastroleo, M., Moscatello, S., Proietti, S., Battistelli, A.**, 2012. Yield affects qualitative kiwifruit characteristics and dry matter content may be an indicator of both quality and storability. *Scientia Horticulturae* 146: 124-130.
- Famiani, F., Proietti, P., Pilli, M., Battistelli, A., Moscatello, S.**, 2007. Effects of application of thidiazuron (TDZ), gibberellic acid (GA<sub>3</sub>), and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) on fruit size and quality of *Actinidia deliciosa* 'Hayward'. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 35: 341—347.
- FAOSTAT**. 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Base de datos de producción. Disponible on-line: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Última visita: 10 de mayo 2021).
- Fatemi H., ,Mohammadi, S., Aminifard, M.H.**, 2014. Effect of postharvest salicylic acid treatment on fungal decay and some postharvest quality factors of kiwi fruit. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 46(11): 1338–1345.
- Ferguson, A.R. y MacRae, E.A.**, 1992. Vitamin C in *Actinidia*. *Acta Horticulturae* 297: 481-487.
- Ferguson, A.R. y MacRae, E.A.**, 1992. Vitamin C in *Actinidia*. *Acta Hort.* 297:481–487.
- Fisk, C.L., Silver, A.M., Strik, B.C., Zhao, Y.**, 2008. Postharvest quality of hardy kiwifruit (*Actinidiaarguta*'Ananasnaya') associated with packaging and storage conditions. *Postharvest Biology and Technology* 47: 338-345.
- Franco Tobón, Y.N., Rojano, B., Alzate Arbeláez, A.F., Restrepo Florez, C.E., Rivero Barrios, D.M., Maldonado Celis, M.E.** 2016. Effect of storage time on the physicochemical properties and antioxidants of products derived of andean berry (*Vaccinium Meridionale* Swartz). *Vitae, Revista de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias* 23: 1-5.
- Gergoff Grozeff, G.E., Chaves, A.R, Bartoli, C.G.**, 2013. Low irradiance pulses improve postharvest quality of spinach leaves (*Spinaciaoleracea* L. cv Bison). *Postharvest Biology and Technology* 77: 35-42.
- Gullo, G., Dattola, A., Liguori, G., Vonella, V., Zappia, R., Inglese, P.**, 2016. Evaluation of fruit quality and antioxidantactivity of kiwifruit during ripening and after storage. *Journal of Berry Research* 6: 25–35.
- Hyodo, H. y Fukasawa, R.**, 1985. Ethylene Production in kiwifruit. *Journal of the Japanese Society of Horticultural Science* 54: 209-215.
- Inskeep, W.P. y Bloom, P.R.**, 1985. Extinction coefficients of Chlorophyll a and b in N,N-dimethylformamide and 80% acetone. *Plant Physiology* 77: 483-485.

- Jaeger, S.R., Harker, R., Triggs, C.M., Gunson, A., Campbell, R.L., Jackman, R., Requejo-Jackman, C.**, 2011. Determining Consumer Purchase Intentions: The Importance of Dry Matter, Size, and Price of Kiwifruit. *Journal of Food Science* 76(3): S177-S184.
- Jeffery, P.B. y Banks, N.H.**, 1994. Firmness temperature coefficient of kiwifruit. *N.Z. J. Crop. Hortic. Sci.* 22:97–101.
- Jordan, R. B., Walton, E. F., Klages K. U., Seelye, R.J.**, 2000. Postharvest fruit density as an indicator of dry matter and ripened soluble solids of kiwifruit. *Postharvest Biol. Technol.* 20: 163–173.
- Kader, A.A.**, 2002. Postharvest Biology and Technology: An overview. En: Postharvest Technology of Horticultural Crops. Ed. Kader, A.A.. Third Edition. University of California. Agriculture and Natural Resources. Publication 3311. Pp.39-48.
- Kim, J.G., Takami, Y., Mizugami, T., Beppu, K., Fukuda, T., Kataoka, I.**, 2006. CPPU application on size and quality of hardy kiwifruit. *Scientia Horticulturae* 110: 219–222
- Koukounaras, A. y 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.
- Kupra, T., Latocha, P., Liwińska, A.**, 2011. Changes in physicochemical quality, phenolics and vitamin C content in hardy kiwifruit (*Actidinia arguta* and its hybrid) during storage. *Scientia Horticulturae* 130: 410-417.
- Lai, R., Wooley, D.J., Lawes, G.S.**, 1990. The effect of inter-fruit competition, type of fruiting lateral and time of anthesis on the fruit growth of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 65: 87-96.
- Lawes, G.S., Wooley, D.J., Lai, R.**, 1990. Seeds and other factors affecting fruit size in kiwifruit. *Acta Horticulturae* 282: 257-264.
- Lee, S.K y Kader, A.A.**, 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20: 207–220.
- Lichtenthaler, H.K.**, 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods of Enzymology* 148: 350-382.
- MacRae, E.A., Bowen, J.H., Stec M.G.H.**, 1989. Maturation of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) from two orchards: differences in composition of the tissue zones. *J. Sci. Food Agr.* 47:401–416.
- Marsh, K., Attanayake, S. Walker, S. Gunson, A., Boldingh, H., MacRae, A.E.**, 2004. Acidity and taste in kiwifruit. *Postharvest Biol. Technol.* 32:159–168.
- Marsh, K.B., Boldingh, H.L., Shilton, R.S., Laing, W.A.**, 2009. Changes in quinic acid metabolism during fruit development in three kiwifruit species. *Funct. Plant Biol.* 36:463–470.
- Maydup, M.L., Antonietta, M., Guamet, J.J., López, J.R., Tambussi, E.A.**, 2010. The contribution of ear photosynthesis to grain filling in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research* 119: 48-58.
- McDonald B. y Harman J.E.**, 1982. Controlled-atmosphere storage of kiwifruit. I. Effect on fruit firmness and storage life. *Scientia Horticulturae* 17: 113-123.
- McMath, K.L., Paterson, V.J., Young, H., Ball, R.D.**, 1992. Factors affecting the sensory perception of sweetness and acidity in kiwifruit. *Acta Hort.* 297:489–500.
- Micailides, T. y Morgan, D.P.**, 1996. New technique predicts gray mold in stored kiwifruit. *Calif. Agric.* 50(3): 34-40.
- Minas, I.S., Vicente, A.R., Dhanapal, A.P., Manganaris, G.A., Goulas, V., Vasilakakis, M., Crisosto, C.H., Molassiotis, A.**, 2014. Ozone-induced kiwifruit ripening delay is mediated by ethylene biosynthesis inhibition and cell wall dismantling regulation. *Plant Science* 229: 76-85.

- Mitchell, F.G., Mayer, G., Biasi, W., Golli, D.**, 1990. Estimating kiwifruit maturity through total solids measurements. Sacramento: California Kiwifruit Commission, pp. 1-22.
- Nardoza, S., Gamble, J., Axten, L.G., Wohlers, M.W., Clearwater, M.J., Feng, J., Harker, F.R.**, 2011. Dry matter content and fruit size affect flavor and texture of novel *Actinidia deliciosa* genotypes. *J Sci Food Agric* 91: 742–748.
- Nelson, N.**, 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.* 153: 375–380.
- Nishiyama, I., Fukuda, T., Shimohashi, A., Oota, A.**, 2008. Sugar and organic acid composition in the fruit juice of different *Actinidia* varieties. *Food Sci. Technol. Res.* 14:67–73.
- Okuse, I. y Ryugo, K.**, 1981. Compositional changes in the developing 'Hayward' kiwifruit in California. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 106(1):73–76.
- Park, Y.S., Im, M.H., Gorinstein, S.**, 2014. Shelf life extension and antioxidant activity of 'Hayward' kiwi fruit as a result of prestorage conditioning and 1-methylcyclopropene treatment. *Journal of Food Science and Technology* 52: 2711-2720.
- Regioli, G. y P. Vriend.**, 2007. SmartFreshSM (1-methylcyclopropene) benefits for kiwifruit. *Acta Hortic.* 753:745–753.
- Richardson, A.C., McAneney, K.J.**, 1990. Influence of fruit number on fruit weight and yield of kiwifruit. *Scientia Horticulturae* 42(3): 233-241.
- Rodoni, L., Casadei, N., Concellón, A., Chaves, A.R., Vicente, A.R.**, 2010. Effect of short-term ozone treatments on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit quality and cell wall degradation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58: 594-599.
- Romero Rodríguez, M.A., González Rodríguez, M.V., Lage-Yusty, M.A., López Hernández, J., Paseiro Losada, P., Simal Lozano, J.**, 1990. HPLC method for identification and quantitative analysis of the major organic acids in fruits. *Anales de Bromatología* XLII-2: 299-306.
- Romero Rodríguez, M.A., Vazquez Oderiz, M.L., LopezHernandez, J., Sinal Lozano, J.**, 1992. Determination of vitamin C and organic acids in various fruits by HPLC. *Journal of Chromatographic Science* 30: 433-437.
- Rushing, J.W.**, 2016. Kiwifruit. En: *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. United States Department of Agriculture. Agriculture Handbook Number 66. pp. 372-376. Disponible on line: [https://irrec.ifas.ufl.edu/postharvest/HOS\\_5085C/Reading%20Assignments/USDA%20HANDBOOK%2066.pdf](https://irrec.ifas.ufl.edu/postharvest/HOS_5085C/Reading%20Assignments/USDA%20HANDBOOK%2066.pdf) (Última visita 18 de marzo de 2021).
- Shirzad, H., Hassani, A., Ghosta, Y., Abdollahi, A., Finidokht, R., Meshkatsadat, M.H.**, 2011. Assessment of the antifungal activity of natural compounds to reduce postharvest gray mould (*Botrytis cinerea*) of kiwifruits (*Actinidia deliciosa*) during storage. *Journal of Plant Protection Research* 51: 1-6.
- Sisler, E.C. y Serek, M.**, 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiologia Plantarum* 100: 577-582.
- Snelgar, W.P. y Thorp, T.G.**, 1988. Leaf area, final fruit weight and productivity in kiwifruit. *Scientia Horticulturae* 36: 241-249.
- Snelgar, W.P., Seelye, R.J., Martin, P.J., Manson, P.J.**, 1998. Relationship between canopy density and fruit quality of kiwifruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 26: 223-232.
- Somogyi, M.**, 1952. Notes on sugar determination. *J. Biol. Chem.* 195: 19–25.
- Stopar, M., Bolcina, U., Vanzo, A., Vrhovsek, U.**, 2002. Lower Crop Load for Cv. Jonagold Apples (*Malus domestica* Borkh.) Increases Polyphenol Content and Fruit Quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 1643-1646

- 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(1): 282-288.
- Vasilakakis, M., Papadopoulos, K., Papageorgiou, E.,** 1997. Factors affecting the fruit size of "Hayward" Kiwifruit. *Acta Horticulturae* 44(1): 419-424.
- Walton, E.F. y deJong, T.M.,** 1990. Growth and compositional changes in kiwifruit berries from three Californian locations. *Ann. Bot.* 66:285–298.
- Wang, Z-Y., MacRae, E.A., Wright, M.A., Bolitho, K.M., Ross, G.S., Alkinson, R.G.,** 2000. Polygalacturonase gene expression in kiwifruit: relationship to fruit softening and ethylene production. *Plant Molecular Biology* 42: 317-328.
- Zheng, Y., Wang, C.I., Wang, S.Y., Zheng, W.,** 2003. Effect of high-oxygen atmospheres on blueberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 7162-7169.