

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP) BAJO
DIFERENTES CONCENTRACIONES, EN EL COMPORTAMIENTO POST
COSECHA DE KIWIS VARIEDAD JINTAO**

MARÍA BELÉN HERNÁNDEZ PALMA

Santiago, Chile

2017

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP) BAJO
DIFERENTES CONCENTRACIONES, EN EL COMPORTAMIENTO POST
COSECHA DE KIWIS VARIEDAD JINTAO**

**EVALUATION OF THE EFFECT OF 1-METHYLCYCLOPROPENE (1-MCP)
UNDER DIFFERENT LEVELS ON THE POST HARVEST BEHAVIOR OF
JINTAO CV. KIWI**

MARÍA BELÉN HERNÁNDEZ PALMA

Santiago, Chile

2017

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP) BAJO
DIFERENTES CONCENTRACIONES, EN EL COMPORTAMIENTO POST
COSECHA DE KIWIS VARIEDAD JINTAO**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniera Agrónoma

MARÍA BELÉN HERNÁNDEZ PALMA

PROFESOR GUÍA	CALIFICACIONES
Sr. Luis Luchsinger Lagos Ingeniero Agrónomo, Ph D.	6,3
PROFESORES EVALUADORES	
Sr. Víctor Escalona Contreras Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,5
Sra. Carmen Sáenz Hernández Químico-farmacéutico, Dr.	6,0

Santiago, Chile

2017

Si no puedes volar entonces corre,
Si no puedes correr entonces camina,
Si no puedes caminar entonces arrástrate,
Pero sea lo que hagas, sigue
Moviéndote hacia adelante.

-Martin Luther King-

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Rosita y Rafael, quienes a pesar de todo siempre han creído en mí. Gracias por demostrarme que pase lo que pase, con amor, honestidad y trabajo, todo estará bien, simplemente los amo.

A mi compañero de vida Juan Pedro, que me has apoyado todos estos años. Gracias por creer en mí, gracias por enseñarme la incondicionalidad y demostrarme que el amor es libertad.

A mis amigos; Micaela, mi partner de la vida, gracias por tantos partidos, risas, comilonas y apoyo. A mi grinch favorito, Sole, simplemente adoro tu forma de ser. Al tri tri, juntas siempre. Carlita, gracias por todo el apoyo y paciencia, no lo hubiese logrado sin ti, te admiro. Lily, gracias por escucharme y apoyarme en todas. Al mejor amigo del mundo Seba. A mis amigas, Cata, Feña, Ta y Cony, las quiero infinito. A Nicolás, sé que a pesar de todo siempre estás y estarás ahí. Jaime, quien siempre está y estará para mí, gracias por tus consejos. Estefa padawan, gracias por tanto, tú lo sabes. Naty, Gael son las mejores. Al equipo de Agrorecursos, selección de basquetbol de la universidad y selección de basquetbol Antumapu, gracias por darme los mejores momentos universitarios. A mis entrenadores Ernesto, Sebastián y Novion.

Al equipo Agrofresh, Pablo, Cecilia, Francisca, Gonzalo, Paz, Roberto, Katita, Cathy, gracias por todo el apoyo y ayuda.

A mis profesores; Verónica Diaz, quien me apoyó cuando nadie más lo hizo. Victor Escalona, por enseñarme tanto. Mauricio Meyer, gracias por enseñarme más que administración y economía. Luis Luchsinger, gracias por hacerme fuerte.

A Patricia, Julia, Julita, que me salvaron de millones y siempre me ayudaron cuando me metí en problemas.

A mis perros, Hammer y Timoteo, son lo máximo.

Gracias a todo por enseñarme que la amistad es el ingrediente más importante de la vida.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
Hipótesis	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos.....	5
MATERIALES Y MÉTODOS	6
Momento y tipos de evaluaciones	10
Descripción de parámetros	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
Parámetros de calidad.....	15
Firmeza	15
Sólidos Solubles totales (SS%).....	17
Tasa de respiración (TR) ($\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	19
Tasa de producción de etileno (TPE) ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	21
Color de pulpa ($^{\circ}\text{H}$)	22
Dureza de columela (Lbf).....	24
CONCLUSIONES	26
BIBLIOGRAFÍA	27

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos con 1-MCP y etileno en kiwis var. Jintao.	8
Cuadro 2. Caracterización de los frutos de kiwi variedad Jintao evaluados inmediatamente después de cosecha en firmeza. Color de pulpa y contenido de sólidos solubles. Valores representan medias (n=130) y desviación estándar.....	15
Cuadro 3. Resultados correspondientes a las medias de firmeza (Lbf) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento.	15
Cuadro 4. Resultados correspondientes a las medias de firmeza en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío y más 7 días a 20°C.	16
Cuadro 5. Resultados correspondientes a las medias de sólidos solubles en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío.....	17
Cuadro 6. Resultados correspondientes a las medias de sólidos solubles (SS%) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío y más 7 días a 20°C.....	18
Cuadro 7. Resultados correspondientes a las medias de tasa respiratoria ($\text{mLCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío.	19
Cuadro 8. Resultados correspondientes a las medias de tasa respiratoria ($\text{mLCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío y más 7 días a 20°C.....	19
Cuadro 9. Resultados correspondientes a las medias de tasa respiratoria ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío.	21
Cuadro 10. Resultados correspondientes a las medias de tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío y más 7 días a 20°C.....	21

Cuadro 11. Resultados correspondientes a las medias de color de pulpa (H°) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío	22
Cuadro 12. Resultados correspondientes a las medias de color de pulpa (H°) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío y más 7 días a 20°C.....	22
Cuadro 13. Medias de los tratamientos medidos con respecto a dureza de columela (Lbf) después del periodo de almacenamiento en frío más 7 días a 20°C.....	24
Cuadro 14. Medias de los tratamientos medidos con respecto a acidez titulable (%), después del periodo de almacenamiento en frío más 7 días a 20°C.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de etapas del ensayo.....	9
Figura 2. Colorímetro digital marca Konica Minolta modelo CR-400, Japón	10
Figura 3. Analizador de textura FTA, marca Güss GS-14, Sudáfrica.	11
Figura 4. Refractómetro análogo marca TPM, modelo RHB-62 ATC, México.....	11
Figura 5. Cromatógrafo de gases marca Agilent Technologies, modelo 7890A GC System, Estados Unidos.....	12
Figura 6. Analizador de gases marca PBI Dansensor, Dinamarca.....	13
Figura 7. Titulador automático electrónico modelo DL15, Titrator marca Mettler, Suiza.	13
Figura 8. Curva maduración frutos climatéricos (Coletto, 1995)	20

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre la maduración de kiwi (*Actinidia chinensis*) 'Jintao'. Los frutos una vez cosechados, provenientes de la localidad del Lontué, fueron trasladados al laboratorio de AgroFresh, donde se realizó el tratamiento de curado por 48 horas. Se evaluó color de pulpa ($101,2 \pm 1,9$ H[°]), firmeza de pulpa ($9,1 \pm 2,5$ Lbf) y sólidos solubles ($15,3 \pm 1,2$ ° Brix) de 130 frutos para determinar estado inicial. Se embalaron en cajas con 100 unidades. Se enfriaron para luego aplicar las diferentes concentraciones (500 ppm y 1000 ppm) de 1-MCP (SmartFresh, 0,14 % i.a) por 24 horas a 0 °C. Luego de almacenar por 60 días a 0 °C la fruta tratada y la no tratada (control) se aplicó etileno (34 mL) por 6 horas a 20 °C a la mitad de cajas de cada tratamiento, generando 6 tratamientos, T: almacenamiento refrigerado a 0 °C, T+E: Almacenamiento refrigerado a 0 °C+aplicación de etileno, M1: Almacenamiento refrigerado con aplicación de 500 ppm 1-MCP, M1+E: almacenamiento refrigerado con aplicación de 500 ppm de 1-MCP+aplicación de etileno, M2: Almacenamiento refrigerado a 0 °C con aplicación de 1000 ppm de 1-MCP, M2+E: almacenamiento refrigerado con aplicación de 1000 ppm de 1-MCP+aplicación de etileno. Se hicieron evaluaciones a salida de frío a los 60, 90 y 120 días de: color de pulpa (H[°]), firmeza de pulpa (Lbf), contenido de sólidos solubles (%), tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), tasa de respiración ($\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Además luego de 90 y 120 días a 0 °C, se hizo un periodo de comercialización simulada (7 días a 20 °C) para una caja de cada tratamiento, donde se evaluó los mismos parámetros que a salida de frío agregando dureza de columela y acidez titulable. Ambas concentraciones de 1-MCP lograron evitar la caída de firmeza de pulpa, aumentando la vida postcosecha a 0 °C hasta los 120 días de almacenamiento. La aplicación de mayor concentración de 1-MCP, tuvo un efecto inicial mayor en el mantenimiento de la firmeza de pulpa que la aplicación de menor concentración, pero a lo largo del tiempo de almacenaje en frío y periodo de comercialización simulada, ambas perdieron su efectividad. No hubo diferencias estadísticamente significativas sobre los parámetros de calidad evaluados entre las diferentes concentraciones de 1-MCP. La aplicación de etileno, no tuvo un efecto estadísticamente significativo en conjunto con las aplicaciones de 1-MCP, además no logró disminuir la dureza de columela.

Palabras claves: *Actinidia chinensis*, 1-MCP, firmeza de pulpa.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of different concentrations of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the ripening of kiwi (*Actinidia chinensis*) 'Jintao'. The fruits, once harvested from the locality of Lontué, were transferred to the AgroFresh laboratory, where curing treatment was carried out for 48 hours. Color of pulp (101.2 ± 1.9), pulp firmness (9.1 ± 2.5) and soluble solids (15.3 ± 1.2) of 130 fruits were evaluated to determine initial state. They were packaged in boxes with 100 units. They were cooled to then apply the different concentrations (500 ppm and 1000 ppm) of 1-MCP (SmartFresh, 0.14% i.e.) for 24 hours at 0 °C. After storage for 60 days at 0 °C the treated and untreated fruit (control) were applied ethylene (34 mL) for 6 hours at 20 °C to half of boxes of each treatment, generating 6 treatments, T: storage Refrigerated at 0 °C, T+E: Refrigerated storage at 0 °C + application of ethylene, M1: Refrigerated storage with application of 500 ppm 1-MCP, M1+E: refrigerated storage with application of 500 ppm of 1-MCP + application of Ethylene, M2: Storage refrigerated at 0 °C with application of 1000 ppm of 1-MCP, M2+E: refrigerated storage with application of 1000 ppm of 1-MCP + application of ethylene. Evaluation was made at 60, 90 and 120 days of storage at 0 °C: pulp color (H°), pulp firmness (Lbf), soluble solids content (%), ethylene production rate ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), respiration rate ($\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). In addition, after 90 and 120 days at 0 °C, a simulated commercialization period (7 days at 20 °C) was made for a box of each treatment, where the same parameters were evaluated as cold output adding columella hardness and Titratable acidity. Both concentrations of 1-MCP are able to avoid pulp firing, increasing post-harvest life at 0 °C up to 120 days of storage. The application of a higher concentration of 1-MCP has a greater initial effect on the maintenance of firmness of pulp than the application of lower concentration, but during the time of cold storage and simulated commercialization period, both lose their effectiveness. There were no statistically significant differences on the quality parameters evaluated between the different concentrations of 1-MCP. The application of ethylene, did not have a statistically significant effect in conjunction with the applications of 1-MCP, in addition did not manage to diminish the hardness of columella.

Key words: *Actinidia chinensis*, 1-MCP, pulp firmness.

INTRODUCCIÓN

El kiwi (*Actinidia chinensis*) variedad Jintao o kiwi amarillo fue introducido el año 2006 a Chile (Portal Frutícola, 2013). La superficie actual es de 380 hectáreas, de las cuales 277,3 se encuentran en la región del Maule (ODEPA, 2015). Esta variedad se caracteriza por tener un epicarpio liso, sin vellosidades y pulpa de color amarillo. En comparación con la variedad verde “Hayward”, que es la de mayor producción a nivel mundial, “Jintao” es de menor calibre, contiene el doble de vitamina C, 4 a 5 % más de sólidos solubles y madura entre 20 a 25 días antes; posee además una mayor longevidad en postcosecha (3 – 6 meses a 0 °C y HR 90 – 95 %) y una duración de vida de anaquel (“shelf-life”) de 15 a 20 días. Estos atributos le dan un mayor potencial de productividad y comercialización (Comité del Kiwi, 2011).

El kiwi es un fruto climatérico, cuya maduración empieza en la planta y continúa luego de ser cosechado, finalizando con la senescencia del fruto. La velocidad de este proceso, se puede regular controlando diferentes parámetros como la temperatura, composición gaseosa de la atmósfera y cantidad de etileno (Kader, 2002).

Este fruto tiene la característica de ser muy sensible a la acción del etileno y se ha estudiado que uno de los principales problemas que presentan los frutos en postcosecha es la pérdida de firmeza que se produce durante el primer y segundo mes de almacenaje a 0 °C (Kader, 2002). Esta pérdida es de un 30 a 50 %, lo que se relaciona directamente con la presencia de etileno, hormona vegetal que regula varios procesos de crecimiento y senescencia de las plantas (Abeles et al., 1992). De hecho, pequeñas cantidades de etileno (10 ppb) pueden aumentar la tasa de ablandamiento dentro de la atmósfera de almacenamiento (Retamales y Campos, 1997). La concentración de etileno requerida para lograr la maduración de los frutos, varía según especie y variedad, pero en general se requiere de 0,1 a 1 ppm con un tiempo de exposición mínimo de 12 horas en frutos climatéricos (Reid, 2007).

Un procedimiento realizado tradicionalmente en postcosecha para frutos de kiwi es el proceso de “curado”, que consiste en dejar los frutos en bins, durante 48 horas a una temperatura mayor a los 10 °C y con una humedad relativa aproximada de 90 %, esto permite una cicatrización en los frutos, para prevenir enfermedades fúngicas, tal como *Botrytis cinerea*, que es la principal pudrición que se produce en el pedúnculo generando grandes pérdidas (Crisosto et al 1998; Gil, 2004).

Durante la maduración del kiwi se producen cambios en los parámetros que definen la calidad y que determinan la madurez de consumo, siendo la firmeza la característica fundamental para establecer el momento de comercialización y que idealmente debe tener un valor de 3 Lb (Comité del Kiwi, 2011). El kiwi al madurar completamente alcanza un desarrollo óptimo de las características organolépticas, tales como aroma, sabor y textura,

cumpliendo con los parámetros de calidad y alcanzando su madurez de consumo (Brown et al., 1988).

El periodo de duración postcosecha en frutos de kiwi, se ve directamente relacionado con la firmeza de pulpa, que es considerada como la principal limitante de la vida de almacenamiento de la fruta (Mc Donald y Harman, 1982).

Dentro de las técnicas de postcosecha, se ha demostrado que 1-metilciclopropeno, es un eficaz inhibidor de la síntesis y acción del etileno en la mayoría de los frutos climatéricos, por consecuencia, este producto, retrasaría la maduración (Watkins, 2002). Dicha molécula es una oleolefina cíclica de origen sintético que tiene la propiedad de poseer una estructura muy similar al etileno, siendo 10 veces más afín con los receptores de la hormona vegetal. Una vez que el 1-MCP es aplicado a la fruta, se acopla a los receptores de la hormona vegetal, bloqueando la percepción y acción de ésta. Además, esta molécula reduce la producción interna de etileno desde el inicio de almacenaje hasta el momento de comercialización. Por consecuencia, se disminuye la tasa de respiración, la producción de etileno, disminuye el ablandamiento y el desarrollo del color (Kim *et al.* 2001). Este acople, al parecer, es irreversible proporcionando un amplio periodo de protección. Sin embargo, Sisler y Serek (1997) y Blankenship y Dole (2003) han podido demostrar que este gas en el transcurso del tiempo pierde su efectividad debido a la síntesis de nuevos receptores etileno.

Es por este motivo, que se busca realizar una reducción del rápido ablandamiento de pulpa de los frutos de kiwi, aplicando 1-MCP, con el objetivo de lograr una adecuada comercialización, posterior almacenaje en frío.

Dado los antecedentes mencionados anteriormente, se realizó un ensayo experimental, en donde se aplicó 1-MPC, para el posterior análisis de su efecto en la firmeza del fruto y sus características organolépticas.

Hipótesis

El uso de 1-metilciclopropeno (1-MCP) retarda la maduración de frutos de kiwi amarillo variedad Jintao.

Objetivo general

Evaluar y comparar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de 1-MCP y del etileno, sobre la maduración de la pulpa y la dureza de columela en kiwi variedad Jintao.

Objetivos específicos

- 1) Evaluar el efecto de la aplicación de 1-MCP sobre los distintos parámetros de calidad de los frutos kiwi Jintao.
- 2) Evaluar el comportamiento de la firmeza de pulpa de los frutos de kiwi en función de las diferentes concentraciones de 1-MCP.
- 3) Comparar el efecto de las diferentes concentraciones de 1-MCP sobre los parámetros de calidad del fruto.
- 4) Evaluar la dureza de columela y el efecto de las diferentes concentraciones de 1-MCP.
- 5) Evaluar y comparar el efecto de la aplicación de etileno y 1-MCP sobre los distintos parámetros de calidad de los frutos kiwi Jintao.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

Este estudio se llevó a cabo en el laboratorio de la empresa AgroFresh, ubicado en la ciudad de Curicó, Región del Maule.

Materiales

Los materiales utilizados en el ensayo fueron: bins, frutos de kiwi variedad Jintao, 1-MCP (producto comercial SmartFresh™, 0,14 % de ingrediente activo), cajas plásticas, bolsas macroperforadas con una superficie de apertura de 0,9%, colorímetro digital (marca Konica Minolta modelo CR-400, Japón), frascos de vidrio hermético de 1 litro, (marca TPM, modelo RHB-62 ATC, México), hidróxido de calcio, cromatógrafo de gases marca Agilent Technologies (modelo 7890A GC System, Estados Unidos), analizador de gases (marca PBI Dansensor, Dinamarca), pelador de fruta, analizador de textura FTA (marca Güss GS-14, Sudáfrica) con émbolos de 8 y 4 mm, titulador automático electrónico (modelo DL15, Titrator marca Mettler, Suiza), jeringa convencional (1 mL), termómetro de fruta (marca Hanna, modelo HI93503, Italia) y acetileno (5% etileno, Indura, Chile).

Método

Se utilizaron frutos de kiwi (*Actinidia chinensis*), variedad Jintao, provenientes de la localidad de Lontué, Región del Maule.

Los frutos fueron trasladados desde la localidad de Lontué al laboratorio AgroFresh, donde se les hizo un tratamiento de curado. Este tratamiento consistió en dejar los kiwis dentro de un “bins”, en un lugar ventilado, durante 48 horas, con temperatura ambiente de aproximadamente 20°C. El objetivo fue favorecer la cicatrización de las heridas de cosecha, estimulando el desarrollo de tejido protector y así evitar futuras enfermedades fúngicas.

Lo primero que se realizó fue una evaluación previa a 130 frutos de kiwi para determinar el estado inicial de éstos, donde se determinó un promedio de: color de pulpa, firmeza y contenido de sólidos solubles.

Posteriormente, se procedió a embalar los frutos en bolsas macro perforadas al 0,9 % en cajas plásticas con 100 unidades cada una. Se embalaron un total de 27 cajas que fueron inmediatamente almacenadas en una cámara a 0 °C para luego montar el ensayo. Para realizar la aplicación de las diferentes concentraciones de 1-MCP, con el producto

comercial en polvo SmartFresh™ (0,14% de ingrediente activo) se empleó una carpa hermética para cubrir las cajas. En su interior se mezcló la formulación de polvo con agua destilada, lo que generó una reacción y liberación en forma de gas. Para asegurar la distribución homogénea del gas en el interior de la carpa con frutas, se utilizó un pequeño ventilador a pila. El tiempo de duración de cada tratamiento fue de 24 horas. Para obtener las muestras se emplearon 9 cajas que se trataron con una concentración de 500 ppm de 1-MCP y otras nueve con 1000 ppm de 1-MCP.

Después de 60 días de almacenamiento en frío a 0 °C, se sacaron 4 cajas de cada tratamiento y fueron trasladadas a una cámara con una temperatura de 20 °C y humedad relativa del 90 %. Cuando los kiwis alcanzaron una temperatura mínima de 10 °C (previamente monitoreada con un termómetro de fruta marca Hanna, modelo HI93503, Italia), se procedió a aplicar una cantidad de 34 mL de etileno en forma gaseosa. Este procedimiento se realizó inyectando este gas, dentro de un recipiente de vidrio sellado, durante 6 horas, además se utilizó un pequeño ventilador para que la distribución fuese homogénea.

Se hicieron evaluaciones a 90 y 120 días de almacenamiento a 0 °C. Luego del transcurso de 90 días, se tomó 1 caja de cada tratamiento y se trasladaron a una cámara con temperatura de 20 °C durante 7 días donde posteriormente fueron evaluados. Lo mismo se hizo luego de 120 días a 0 °C. El tiempo en que la fruta estuvo a temperatura de 20 °C por 7 días es denominado Shelf-life o madurez de consumo o periodo de comercialización simulada, donde el fruto logra su máxima expresión en las condiciones organolépticas y un mayor atractivo para el consumidor (Gil, 2004).

Para cada tratamiento se realizaron 3 repeticiones de 25 frutos de kiwi. A partir de estas aplicaciones, se generaron los siguientes tratamientos, descritos en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos con 1-MCP y etileno en kiwis var. Jintao.

Tratamiento	Descripción
T	Almacenamiento refrigerado a 0 °C por 60, 90 o 120 días.
T+E	Almacenamiento refrigerado a 0 °C por 60 días + aplicación de etileno (100 ppb por 6 horas a 20 °C) + almacenamiento por 30 y 60 días a 0 °C.
M1	Almacenamiento refrigerado con aplicación de 1-MCP (500 ppm por 24 horas a 0 °C) a 0 °C por 60, 90 o 120 días.
M1+E	Almacenamiento refrigerado con aplicación de 1-MCP (500 ppm por 24 horas a 0 °C) a 0 °C por 60 días + aplicación de etileno (100 ppb por 6 horas a 20 °C) + almacenamiento por 30 y 60 días a 0 °C.
M2	Almacenamiento refrigerado con aplicación de 1-MCP (1000 ppm por 24 horas a 0 °C) a 0 °C por 60, 90 o 120 días.
M2+E	Almacenamiento a 0 °C por 60 días con aplicación de 1-MCP (1000 ppm por 24 horas a 0 °C) + aplicación de etileno (100 ppb por 6 horas a 20 °C) + almacenamiento por 30 o 60 días.

A continuación, se muestra un diagrama de las etapas realizadas durante el ensayo (Figura 1):

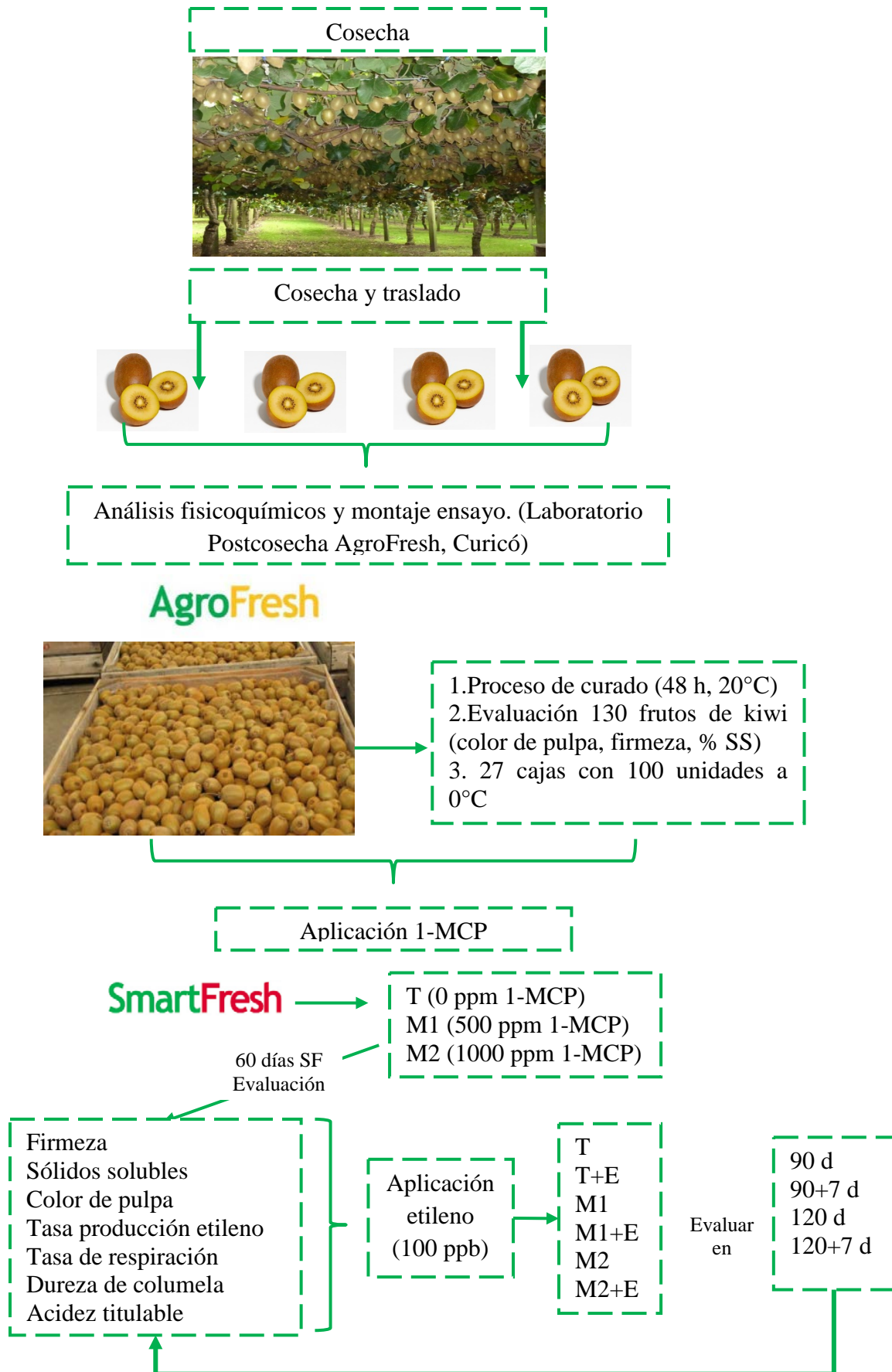


Figura 1. Diagrama de etapas del ensayo

Momento y tipos de evaluaciones

Cosecha. Una vez cosechados los frutos de kiwi, se evaluaron los siguientes parámetros: color de pulpa (H°), firmeza de pulpa (Lbf) y sólidos solubles (%).

Almacenamiento refrigerado. Luego de 60, 90 y 120 días de almacenamiento a 0°C se realizó la medición de: color de pulpa (H°), firmeza de pulpa (Lbf), contenido de sólidos solubles (%), producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) y tasa de respiración ($\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

Madurez de consumo. Esta evaluación se realizó luego de 90 días de almacenamiento refrigerado a 0°C más 7 días con una temperatura de 20°C , también se hizo la misma evaluación a los 120 días de almacenamiento refrigerado más 7 días, periodo de comercialización simulada, en que los frutos alcanzan una firmeza entre 3 - 4 Lb. Los parámetros a evaluar fueron: firmeza de pulpa, tasa de producción de etileno, tasa de respiración, sólidos solubles, color de pulpa, dureza de columela y acidez titulable.

Descripción de parámetros

Color pulpa. Se realizó medición de color en la zona ecuatorial y en los polos opuestos del fruto, previa remoción de la piel. Para este parámetro se hizo uso de colorímetro digital, (marca Konica Minolta modelo CR-400, Japón, Figura 2), en un espacio de color L, C y H, donde L es luminosidad, C es croma o saturación y H corresponde al ángulo del tono. Se midieron veinticinco frutos por repetición (tres repeticiones), que fueron los mismos utilizados para la medición de firmeza y sólidos solubles.



Figura 2. Colorímetro digital marca Konica Minolta modelo CR-400, Japón

Firmeza. Para la medición de firmeza de pulpa, se utilizó un analizador de textura FTA, (marca Güss GS-14, Sudáfrica, Figura 3), utilizando un embolo de 8 mm, con el que se midieron veinticinco frutos por repetición (tres repeticiones). Por fruto se realizaron dos evaluaciones en la zona ecuatorial y en polos opuestos, zona que previamente se hizo remoción de la piel.



Figura 3. Analizador de textura FTA, marca Güss GS-14, Sudáfrica.

Sólidos solubles totales. Se utilizó un refractómetro análogo (marca TPM, modelo RHB-62 ATC, México, Figura 4), termo-compensado de escala 0 a 32 %. Se utilizaron los mismos frutos a los que se les midió firmeza, veinticinco frutos por repetición (tres repeticiones), a los que se les extrajo individualmente jugo (apretando manualmente el fruto) para realizar la evaluación. Los datos fueron expresados en porcentaje.



Figura 4. Refractómetro análogo marca TPM, modelo RHB-62 ATC, México

Tasa de producción de etileno. Se trabajó con tres frutos por repetición (tres repeticiones), los cuales se introdujeron en frascos de vidrio con cierre hermético de 1 litro de capacidad, el que fue tapado 17 horas antes de su medición, asegurando así la acumulación de niveles detectables. Los frutos fueron seleccionados de forma aleatoria, se utilizó hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) en la base del frasco para atrapar CO_2 . Se trabajó con un cromatógrafo de gases (marca Agilent Technologies, modelo 7890A GC System, Estados Unidos, Figura 5), donde se inyectó la muestra del gas del interior de cada frasco. Luego la tasa de producción de etileno fue expresada en $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ según la siguiente ecuación:

$$\text{TPE} = \frac{[\text{C}_2\text{H}_4] \cdot (\text{Volumen libre frasco})}{(\text{Peso fruta}) \cdot ([\text{Tiempo}]_{\text{final}} - [\text{Tiempo}]_{\text{inicial}})}$$

Donde:

$[\text{C}_2\text{H}_4]$: Concentración de etileno en ppm.

Volumen libre del frasco: expresado en μL .

Peso fruta: peso de kiwis dentro del frasco, expresado en kg.

Tiempo: tiempo de tapado del frasco, expresado en horas.



Figura 5. Cromatógrafo de gases marca Agilent Technologies, modelo 7890A GC System, Estados Unidos

Tasa de respiración. Los frutos utilizados para la medición de tasa de producción de etileno, fueron cambiados a frascos limpios y tapados, para después de 1 hora, medir con un analizador de gases marca PBI Dansensor (Figura 6), que entregó el porcentaje de CO_2 que fue expresado en $\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ según la siguiente ecuación:

$$TR = \frac{[CO_2] \cdot (\text{Volumen libre frasco})}{(\text{Peso fruta}) \cdot ([\text{Tiempo}]_{\text{final}} - [\text{Tiempo}]_{\text{inicial}})}$$

Donde:

CO₂: concentración de CO₂ medido en porcentaje.

Volumen libre del frasco: expresado en mL.

Peso fruta: peso de kiwis dentro del frasco, expresado en kg.

Tiempo: tiempo de tapado del frasco, expresado en horas.



Figura 6. Analizador de gases marca PBI Dansensor, Dinamarca

Acidez titulable. La acidez titulable se midió a través de la titulación de 10 mL de jugo de una muestra representativa, (extraído de pulpa de un fruto de kiwi) con hidróxido de sodio (NaOH), al 0,1 N hasta alcanzar la neutralización de los ácidos a pH 8,2. Se realizó por medio de un titulador automático electrónico (Figura 7). La medición se efectuó seleccionando cinco frutos de forma aleatoria por cada repetición (tres repeticiones), utilizando el jugo que se extrajo al total del fruto sin cáscara.



Figura 7. Titulador automático electrónico modelo DL15, Titrador marca Mettler, Suiza

Dureza de columela: Se midió con un analizador de textura FTA (marca Güss GS-14, Sudáfrica), utilizando un embolo especial de 4 mm, en donde la evaluación se realizó en el centro de la fruta, donde previamente se hizo un corte transversal.

Análisis estadístico

Este ensayo se realizó bajo un diseño completamente aleatorizado. Fueron 6 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento, donde la unidad experimental fue una caja con 100 frutos de kiwi.

Se debe aclarar que, para cada fecha de extracción y evaluación, si bien no existió repetición de cada tratamiento, se tomaron sub muestras de cada unidad experimental a modo de repetición y así se pudo estimar diferencias estadísticas entre los distintos tratamientos.

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y en el caso de existir diferencias entre tratamientos, se realizó la prueba de TUKEY con una significancia al 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los frutos de kiwi variedad Jintao fueron recibidos inmediatamente después de la cosecha. A continuación, se presentan los resultados en cuanto a 3 parámetros de calidad medidos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Caracterización de los frutos de kiwi variedad Jintao evaluados inmediatamente después de cosecha en firmeza. Color de pulpa y contenido de sólidos solubles. Valores representan medias (n=130) y desviación estándar.

Parámetro	Media	Desviación estándar
Firmeza de pulpa (lbf)	9,1	2,5
Color de pulpa (H °)	101,2	1,9
Contenido de sólidos solubles (%)	15,3	1,2

Parámetros de calidad

Firmeza

Los resultados de firmeza de pulpa, luego de 60 días de almacenamiento en frío a 0 °C y antes de la aplicación de etileno, se presentan en el cuadro 3:

Cuadro 3. Resultados correspondientes a las medias de firmeza (Lbf) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento.

Tratamientos	Momento de evaluación firmeza 60 días
T	3,8 c
M1	5,2 b
M2	6,2 a

¹ Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas según test de Tukey con $p \leq 0,05$.

Como se muestra en el Cuadro 3, a los 60 días hubo un comportamiento esperado en la pulpa del fruto, debido que la mayor firmeza la presentó el tratamiento con mayor concentración de 1-MCP (M2), seguida de los kiwis aplicados con menor concentración (M1), con respecto al tratamiento control (T) donde se aprecia la mayor pérdida de firmeza. Los resultados concuerdan con lo postulado por Boquete et al. (2004), quienes señalan que aplicaciones de 1-MCP en frutos de kiwi, en condiciones de almacenaje en frío, reducen la producción de etileno, por lo tanto, el ablandamiento de estos.

Cuadro 4. Resultados correspondientes a las medias de firmeza (Lbf) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío y más 7 días a 20 °C.

Tratamientos	Momento de evaluación firmeza			
	90 días	90+7días	120 días	120+7 días
T	3,0 ab ¹	2,4 c	2,9 a	2,0 d
T+E	2,8 b	2,4 c	2,6 a	2,4 cd
M1	3,0 ab	3,2 ab	2,7 a	2,8 bc
M1+E	3,5 a	3,1 ab	2,9 a	2,9 ab
M2	2,9 b	2,8 bc	3,0 a	3,2 a
M2+E	3,4 ab	3,5 a	3,0 a	2,6 bc

¹ Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas según test de Tukey con $p \leq 0,05$.

Al llegar a los 90 días de almacenaje en frío se puede observar que hubo una caída drástica de firmeza para T, M1 y M2, en comparación a firmeza obtenida en los 60 días (Cuadro 3), esto se respalda con lo postulado con Kader (2002), quien señala que existe una pérdida de firmeza que va entre un 30 y 50 % luego del primer mes de almacenaje a 0 °C. Los resultados arrojaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre T, M1, M1+E y M2+E, tampoco entre T+E y M2. Sin embargo, se esperaba que M2 fuese el tratamiento con mayor valor de firmeza dado que se le aplicó la mayor concentración de 1-MCP y no tuvo aplicación de etileno, por lo tanto no hubo efecto de los tratamientos aplicados.

La evaluación a los 90 días de almacenamiento en frío más 7 días a temperatura de 20 °C o periodo de comercialización simulada, dio como resultado que la mayoría de los tratamientos alcanzaron la firmeza ideal de consumo que varía entre 3 – 4 lbf, (Comité del kiwi, 2011). Entre los tratamiento M2+E, M1 y M1+E no hubo diferencias estadísticamente significativas, (Cuadro 4), este comportamiento podría estar explicado por el hecho que los contenidos de 1-MCP aplicados estarían ocupando los sitios de acción del etileno, inhibiendo los efectos de esta hormona vegetal (Sisler y Serek, 1997) en los frutos de kiwi. Cabe destacar el comportamiento inesperado del tratamiento M2. Al evidenciar que si hubo diferencias estadísticamente entre M2 y M2+E, donde lo esperado hubiese sido que M2 presentara la mayor firmeza, se puede observar que no hubo un efecto del etileno esperado. Esto también se evidencia entre T y T+E, donde no hubo diferencias estadísticamente significativas, ya que ambos obtuvieron la menor firmeza de pulpa.

En la evaluación luego de los 120 días de almacenaje en frío, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Cuadro 4). De los resultados, se pudo evidenciar que después de 3 meses las diferentes concentraciones de 1-MCP pierden su efecto de mantener la firmeza en los frutos de kiwi. Este comportamiento concuerda en parte con estudios anteriores realizados por Crisosto y Garner (2001), indicando que, en la 4ª semana de almacenamiento refrigerado, no se presentaron diferencias entre frutas tratadas y no tratadas. La aplicación de 1-MCP pierde su efecto, debido a que según lo

planteado por Sisler y Serek (1997) y Blakenship y Dole (2003), para este tiempo transcurrido el fruto ya habría sinterizado nuevos receptores de membrana específicos para etileno. Además, la fruta tratada con etileno, no tiene diferencias estadísticamente significativas con la no tratada, por lo tanto, tampoco se observa un efecto de esta hormona.

La evaluación realizada a los 120 días de almacenamiento en frío más el periodo de comercialización simulada de 7 días, arrojó que el tratamiento que mantuvo más altos sus valores de firmeza fueron M2 y M1+E. Este comportamiento no está dentro de lo esperado ya que M2 fue el tratamiento con mayor concentración aplicada de 1-MCP en comparación con M1+E. Los tratamientos M1, M1+E y M2+E no presentaron diferencias estadísticamente significativas y sus valores promedio fueron levemente inferiores al rango ideal de consumo, esto refleja que la aplicación de etileno no produjo cambios estadísticamente significativos. En cuanto a T y T+E, obtuvieron los menores valores de firmeza, quedando considerablemente lejos del rango aceptable para su comercialización, esto se puede explicar debido a que los tratamientos mencionados, no tienen ningún efecto inhibitorio que impida el normal proceso de ablandamiento, además se puede observar que no hay ninguna diferencia estadísticamente significativa entre ellos, es decir la aplicación de etileno no tiene incidencia alguna.

Sólidos Solubles totales (SS %)

Los resultados de concentración de sólidos solubles, luego de 60 días de almacenamiento en frío a 0 °C y antes de la aplicación de etileno, se presentan en el cuadro 5:

Cuadro 5. Resultados correspondientes a las medias de sólidos solubles (SS %), en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío.

Tratamientos	Momento de evaluación sólidos solubles
	60 días
T	16,2 a ¹
M1	16,2 a
M2	14,9 b

¹ Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas según test de Tukey con $p \leq 0,05$.

Los resultados de sólidos solubles totales arrojaron un comportamiento no esperado a los 60 días de almacenamiento. Los mejores tratamientos correspondieron a T y M1, ambos en promedio muestran un aumento en la concentración de sólidos solubles en comparación al estado inicial. Este comportamiento no es aislado dado que en otros estudios realizados por Acevedo (2003), Crisosto y Garner (2001) y Menniti et al. (2005), tampoco observaron diferencias en evolución de sólidos solubles entre fruta tratada a diferentes concentraciones de 1-MCP y el tratamiento control. El tratamiento M2, presenta diferencias estadísticamente significativas con T y M1, mostrando que no hubo un aumento en la concentración de sólidos solubles en comparación con los frutos evaluados a llegada.

A continuación, en el Cuadro 6 se presentan los resultados obtenidos de SS %.

Cuadro 6. Resultados correspondientes a las medias de sólidos solubles (SS %) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío y más 7 días a 20°C.

Tratamientos	Momento de evaluación sólidos solubles			
	90 días	90+7días	120 días	120+7 días
T	16,0 b ¹	15,7 bc	15,3 d	15,9 a
T+E	16,1 b	16,1 ab	15,7 cd	15,9 a
M1	16,0 b	16,1 a	16,5 a	16,2 a
M1+E	16,0 b	15,9 abc	16,4 ab	15,8 a
M2	16,6 a	15,9 abc	16,0 bc	15,9 a
M2+E	16,1 b	15,7 c	16,4 ab	16,0 a

¹ Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas según test de Tukey con $p \leq 0,05$.

A los 90 días de salida de frío el mejor tratamiento correspondió a M2, mientras que el resto de los tratamientos no tuvo diferencias estadísticamente significativas. No hay un efecto claro, ni un patrón visible ni para los frutos tratados con 1-MCP en sus diferentes concentraciones ni los frutos aplicados con etileno, tampoco hay diferencias entre los tratamientos T+E, M1, M1+E, M2+E y el tratamiento control.

La evaluación 90 días más 7 días a 20 °C, muestra que los mejores tratamientos fueron M1, M1+E y M2; para el resto de los tratamientos no hubo diferencias estadísticamente significativas, por lo tanto, al igual que las salidas de frío anteriores no hay efecto tratamiento. Se puede observar que las concentraciones de sólidos solubles no aumentan, esto concuerda con que estos también disminuyen durante el almacenamiento por la utilización de hidratos de carbono en la respiración de frutas (Mitchell et al., 1991; MacRae et al, 1992).

Para la salida de frío de 120 días, la evaluación de los tratamientos arrojó que el mejor tratamiento fue M1 y M1+E. En este momento de evaluación también es posible observar que no hay gran aumento del promedio sólidos solubles en todos los tratamientos, incluso tienden a mantenerse o disminuir levemente sus promedios. Los tratamientos que tuvieron menor concentración de sólidos solubles fueron T y T+E, por lo tanto, aquí se puede observar una diferencia estadísticamente significativa con los tratamientos M1, M1+E, M2 y M2+E, donde todos fueron aplicados con 1-MCP.

La evaluación de 120 días más 7 días a 20 °C, muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, demostrando aún más que no hay un efecto claro de la aplicación de 1-MCP ni de etileno, en comparación al tratamiento control, comportándose toda la fruta de igual manera.

Al observar la, evaluación a llegada donde el promedio fue de 15,3 % SS, si hubo un aumento de estos, transcurridos los diferentes periodos de almacenamiento en frío, esto concuerda con las características de calidad de frutos de kiwi 'Jintao' según Huang et al. (2002), donde el rango de sólidos solubles entre cosecha y fin de periodo de almacenamiento en frío a 0 °C fue de 12 a 18 % SS.

Tasa respiratoria

Luego de 60 días de almacenamiento en frío a 0 °C y antes de la aplicación de etileno, lo resultados de tasa respiratoria se presentan en el Cuadro 7:

Como se puede observar (Cuadro 7), no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. No hubo efecto de las diferentes concentraciones de 1-MCP aplicadas, dando resultados estadísticamente iguales con respecto al control y entre ellas.

Cuadro 7. Resultados correspondientes a las medias de tasa respiratoria ($mLCO_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío.

Tratamientos	Momento de evaluación tasa respiratoria	
	60 días	
T	9,0 a ¹	
M1	8,5 a	
M2	7,2 a	

¹ Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas según test de Tukey con $p \leq 0,05$.

Cuadro 8. Resultados correspondientes a las medias de tasa respiratoria ($mLCO_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío y más 7 días a 20°C.

Tratamientos	Momento de evaluación tasa respiratoria			
	90 días	90+7días	120 días	120+7 días
T	10,9 a ¹	5,1 a	11,0 a	8,8 ab
T+E	9,5 a	8,0 a	11,5 a	9,7 ab
M1	10,2 a	8,7 a	11,7 a	8,9 ab
M1+E	10,6 a	6,6 a	13,1 a	7,4 a
M2	10,1 a	7,2 a	13,4 a	13,5 b
M2+E	11,0 a	5,5 a	12,6 a	9,2 ab

¹ Letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas según test de Tukey con $p \leq 0,05$.

La evaluación de tasas respiratoria a salida de frío 90 días muestra (Cuadro 8), que no hubo diferencias estadísticamente significativas. Con respecto al control, no se aprecia ninguna

diferencia ni para los frutos aplicados con 1-MCP (mayor concentración y menor concentración), ni con etileno, por lo tanto, no se evidencia efecto alguno.

A los 90 días más 7 días a 20 °C, tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas, es decir que no se muestra un efecto ni de las diferentes concentraciones de 1-MCP ni de las aplicaciones de etileno con respecto al control.

Para los 120 días a salida de frío, se observó que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Es decir, no hay influencia en la producción de CO₂, ni para las diferentes concentraciones de 1-MCP ni etileno con respecto al tratamiento control. Se puede observar, que en comparación con la salida de frío 90 días, la tasa respiratoria de los diferentes tratamientos tuvo una pequeña alza.

A los 120 días más 7 días a 20°C, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamiento T, T+E, M1, M1+E y M2+E. Los tratamientos que tuvieron diferencias estadísticamente significativas, fueron M1+E y M2. Este último momento de evaluación tampoco muestra un efecto claro de la aplicación de 1-MCP ni etileno con respecto al tratamiento control en la tasa respiratoria.

En concordancia con esto, Arpaia et al. (1987), indican que los frutos de kiwi son muy variables al momento de presentar el climaterio, por lo cual los incrementos metabólicos, tanto respiratorios como en la producción de etileno, pueden ocurrir después que el fruto se ha ablandado y se encuentre en estado de madurez de consumo.

Además, se puede observar que los resultados de las tasas respiratorias de las evaluaciones a salida de frío a 90 y 120 días para todos los tratamientos fueron más altas que los resultados de las evaluaciones de 90 y 120 días más 7 días a 20°C, este contraste puede ser provocado porque la fruta ya entró en periodo de senescencia a lo largo del proceso de maduración y es por esto que su metabolismo baja, tal como se aprecia en la curva de maduración de los frutos climatéricos (Coletto, 1995), según se observa en la Figura 8.

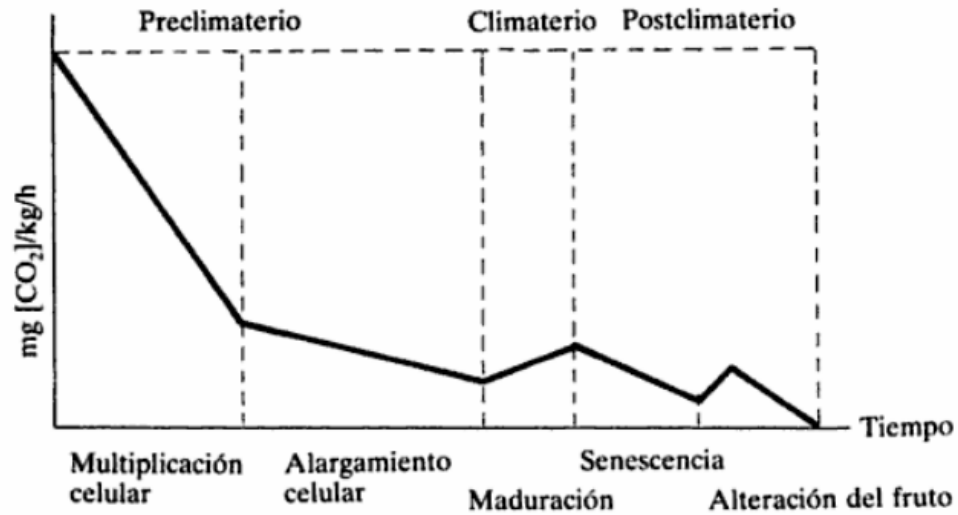


Figura 8. Curva maduración frutos climatéricos (Coletto, 1995)

Tasa de producción de etileno

Luego de 60 días de almacenamiento en frío a 0 °C y antes de la aplicación de etileno, los resultados de tasa producción de etileno se presentan en el Cuadro 9:

Cuadro 9. Resultados correspondientes a las medias de tasa respiratoria ($\mu\text{L } C_2H_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío.

Tratamientos	Momento de evaluación tasa producción de etileno
	60 días
T	< 0,01 a ¹
M1	< 0,01 a
M2	< 0,01 a

¹ Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas según test de Tukey con $p \leq 0,05$.

El Cuadro 10 muestra que no hubo efecto del tratamiento en ningún momento evaluado para la tasa de producción de etileno.

Cuadro 10. Resultados correspondientes a las medias de tasa de producción de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío y más 7 días a 20 °C.

Tratamientos	Momento de evaluación tasa de producción de etileno			
	90 días	90+7días	120 días	120+7 días
T	< 0,01 a ¹	< 0,01 a	< 0,01 a	< 0,01 a
T+E	< 0,01 a	< 0,01 a	< 0,01 a	< 0,01 a
M1	< 0,01 a	< 0,01 a	< 0,01 a	< 0,01 a
M1+E	< 0,01 a	0,02 a	< 0,01 a	< 0,01 a
M2	< 0,01 a	0,02 a	< 0,01 a	0,41 a
M2+E	< 0,01 a	< 0,01 a	< 0,01 a	< 0,01 a

¹Letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas según test de Tukey con $p \leq 0,05$.

Para los diferentes tratamientos en los momentos de evaluación, 90, 120 días a salida de frío y 90, 120 más 7 días a 20 °C, no existió diferencias estadísticamente significativas. Todos presentaron una tasa de producción de etileno baja durante los diferentes periodos de evaluación. De acuerdo a Pratella (1985); quien postuló que, a 0 °C, el kiwi produce una cantidad mínima de etileno, que a su vez es constante, y va en un rango de 0,03-0,04 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Los resultados en el ensayo fueron de magnitudes muy similares (Cuadro 10). Al comparar con lo planteado por De Wild et al. (1999) y Nakatsuka et al. (1998), no hay concordancia. Debido a que ellos registraron una baja de producción de etileno, producto de la inhibición del efecto auto catalítico, al bloquear la acción de etileno mediante la aplicación de 1-MCP, en frutos de pera y tomate. Además, los resultados coinciden, según el estudio de Koukounaras y Sfakiotakis (2007), el 1-MCP reduce eficazmente la tasa de producción de etileno luego de almacenamiento en frío a 0°C por un periodo de 10 semanas.

Color de pulpa

Luego de 60 días de almacenamiento en frío a 0 °C y antes de la aplicación de etileno, los resultados de color de pulpa, se presentan en el Cuadro 11:

Cuadro 11. Resultados correspondientes a las medias de color de pulpa (H°) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío

Tratamientos	Momento de evaluación color de pulpa
	60 días
T	101,2 a ¹
M1	99,6 b
M2	101,7 a

¹ Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas según test de Tukey con $p \leq 0,05$.

La evaluación de color de pulpa a salida de frío 60 días, mostró que para los tratamientos control y M2, no hubo diferencias estadísticamente significativas, teniendo la pulpa de los frutos tonalidades amarillo verdoso. Para el tratamiento M1, los frutos mostraron que las tonalidades fueron más amarillas, teniendo diferencias estadísticamente significativas con los otros dos tratamientos. Es por esto que no se aprecia un efecto claro de los diferentes tratamientos con 1-MCP.

Cuadro 12. Resultados correspondientes a las medias de color de pulpa (H°) en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del periodo de almacenamiento en frío y más 7 días a 20 °C.

Tratamientos	Momento de evaluación color de pulpa			
	90 días	90+7días	120 días	120+7 días
T	101,7 a	99,9 a	101,6 a	99,6 a
T+E	101,5 ab	99,3 b	101,1 a	99,6 a
M1	100,7 cd	99,0 b	100,2 ab	98,8 b
M1+E	100,6 cd	100,0 a	99,6 ab	99,5 a
M2	100,2 d	99,3 b	99,6 ab	99,3 a
M2+E	101,0 bc	100,2 a	98,4 b	99,6 a

¹ Letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas según test de Tukey con $p \leq 0,05$.

A salida de frío 90 días, se puede observar que los tratamientos T y T+E no presentan diferencias estadísticamente significativas entre ellos, ambos mantienen la tonalidad verde amarillado para esos frutos, por lo tanto, no se aprecia un efecto de la aplicación de etileno, lo mismo ocurre para M1 y M1+E. Entre M2 y M2+E si hubo diferencias estadísticamente significativas. Con estos resultados no hay un patrón concreto que indique un efecto significativo de las diferentes concentraciones de 1-MCP ni etileno.

Respecto a los 90 más 7 días a 20°C, se aprecia que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos T, M1+E, M2+E. Tampoco entre los tratamientos T+E, M1 y M2. Se evidencia que no hubo efecto ni de las diferentes concentraciones de 1-MCP ni etileno.

En la evaluación a los 120 días a salida de frío, se puede observar que, con respecto al tratamiento control se observa que sólo M2+E tuvo diferencias estadísticamente significativas, pero este tratamiento no tuvo diferencias estadísticamente significativas con M1, M1+E y M2, por lo tanto, no hay un efecto claro ni de las diferentes concentraciones de 1-MCP ni etileno.

A los 120 más 7 días a 20°C, no hubo diferencias estadísticamente significativas de T+E, M1+E, M2, M2+E con respecto a T. El que si tuvo diferencias estadísticamente significativas fue M1 con respecto a los demás tratamientos.

De acuerdo a los resultados observados no hay una lógica coherente con respecto a las concentraciones aplicadas de 1-MCP, es decir, el color de pulpa se comportó independientemente de los tratamientos. Esto coincide con Yommi et al. (2016), en donde se evaluó frutos de kiwi 'Hayward' y se pudo observar que no hubo efectos significativos luego de aplicación de 1-MCP y almacenamiento en frío sobre el índice de color de pulpa.

Dureza de columela

En general, la fruta tratada con 1-MCP presentó columela más firme que las no aplicadas, en forma consistente y con diferencias estadísticamente significativas para todos los momentos de evaluación tal como se puede ver en Cuadro 13.

Cuadro 13. Medias de los tratamientos medidos con respecto a dureza de columela (Lbf) después del periodo de almacenamiento en frío más 7 días a 20 °C.

Tratamientos	Momento de evaluación dureza de columela	
	90+7 días	120+7 días
T	2,7 a ¹	0,7 a
T+E	2,5 a	1,5 a
M1	4,3 bc	3,8 b
M1+E	4,9 bc	4,2 b
M2	3,6 ab	4,5 b
M2+E	5,0 c	3,7 b

¹Letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas según test de Tukey con $p \leq 0,05$.

Lo anterior puede ser explicado por el efecto que provocó la aplicación de 1-MCP retrasando el ablandamiento de frutos. En este parámetro además se puede concluir que no hubo efecto del etileno en los frutos, en cuanto a la evaluación 90 más 7 días a 20 °C, como se observa en los tratamiento M1, M1+E y M2 no tienen diferencias estadísticamente significativas. Tampoco la hubo entre los tratamientos T, T+E y M2.

Con respecto a la evaluación 120 más 7 días a 20 °C, se puede observar que si hubo efecto para la fruta tratada con 1-MCP, pero no con los frutos tratados con etileno. Esto concuerda con Zoffoli et al. (2013) y Yommi et al. (2016), donde se observó que frutos aplicados con 1-MCP y almacenado en frío por más de 90 días más un periodo de comercialización de 12 días a 20°C, tuvieron ablandamiento de pulpa, pero su principal problema que afectaba a calidad de consumo fue que presentaron columela dura.

Acidez titulable (%)

Cuadro 14. Medias de los tratamientos medidos con respecto a acidez titulable (%), después del periodo de almacenamiento en frío más 7 días a 20 °C.

Tratamientos	Momento de evaluación acidez titulable.	
	90+7 días	120+7 días
T	1,0 a ¹	1,0 a
T+E	1,0 a	1,0 a
M1	1,1 a	1,0 a
M1+E	1,1 a	1,1 a
M2	1,1 a	1,0 a
M2+E	1,1 a	1,1 a

¹Letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas según test de Tukey con $p \leq 0,05$.

El Cuadro 14 muestra que no hubo diferencias estadísticamente significativas para 90 más 7 días a 20°C por ende no se ve efecto de las diferentes aplicaciones de 1-MCP ni etileno.

Para 120 más 7 días a 20°C, tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas, por lo tanto, no se aprecia efecto de los tratamientos.

La acidez ideal a la hora de consumir los frutos de kiwi 'Jintao' debe ser de 1%, según Comité del kiwi (2011), para todos los tratamientos y en los diferentes momentos de evaluación, se cumple este parámetro del consumidor. Estos resultados concuerdan con Crisosto y Garner (2001) y Menniti et al., (2005), quienes mencionan que en sus ensayos no existió influencia del 1-MCP en la disminución de acidez titulable.

CONCLUSIONES

La aplicación de 1-Metilciclopropeno produce un efecto en ciertos parámetros de calidad de fruta, entre los cuales se encuentran la firmeza de pulpa y dureza de la columela.

La aplicación de mayor concentración de 1-MCP, reduce de forma inicial (evaluación a 60 días salida de frío) mayormente la pérdida de firmeza que la aplicación de menor concentración, sin embargo, a lo largo del tiempo ambas pierden su efectividad, no habiendo diferencias estadísticamente significativas entre ellas. En las evaluaciones con periodo de comercialización 7 días a 20 °C, la aplicación de 1-MCP, mantiene valores más altos de firmeza con respecto al control, no habiendo variación entre ambas concentraciones aplicadas.

Ambas aplicaciones de 1-Metilciclopropeno en kiwi 'Jintao', no afecta los parámetros de calidad como sólidos solubles, tasa de respiración, tasa de producción de etileno, color de pulpa, acidez titulable. Si tuvieron un efecto sobre los parámetros de calidad de firmeza de pulpa y dureza de columela.

Para la dureza de columela, se aprecia que ambas concentraciones producen un efecto perjudicial de acuerdo a los estándares utilizados, debido a que se obtuvieron valores mayores de acuerdo a los estándares ideales de consumo.

Según todos los parámetros evaluados en el presente estudio, la aplicación de etileno en conjunto con las diferentes concentraciones de 1-MCP, no tuvo un efecto. La aplicación de etileno, no evidenció la disminución de dureza columela, que es el principal problema en postcosecha de kiwi.

Ambas concentraciones de 1-MCP evitan la drástica caída de firmeza de pulpa, logrando aumentar su vida postcosecha, hasta 120 días y los frutos de kiwi logran llegar con características organolépticas ideales en los periodos de comercialización simulada o Shelf-life, a excepción de dureza de columela.

BIBLIOGRAFÍA

Abeles, F.B.; Morgan P.W. and Salveit, M. 1992. Fruit ripening, abscission, and postharvest disorders. (chap. 6, pp. 182-221). In: Ethylene in plant biology. 2nd edition. New York. United States: Academy Press. 414p.

Acevedo, C. 2003. Aplicaciones de 1-MCP y sus efectos en maduración y ablandamiento de frutos de kiwi. Memoria para optar el título de Ingeniería Agronómica. Santiago de Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 49p.

Arpaia, M.L.; Labavitch, J.M.; Greve, C. and Kader, A.A. 1987. Changes in cell Wall components of kiwifruits during storage in air controlled atmosphere. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 112, 474-481.

Boquete, E.J.; Trincherro, G.D.; Frascina, A.A.; Vilella, F. and Sozzi, G.O. 2004. Ripening of 'Hayward' kiwifruit treated with 1-methylcyclopropene after cold storage. *Postharvest biology and technology*, 32: 57-65.

Blakenship, S.M. and Dole J.M. 2003. 1-methylcyclopropene: a review, 9: 19-19.

Brown, B.; Wong, L.; George, A. and Nissen, R. 1988. Comparative studies on the postharvest physiology of fruit from different species of *Annona* (custard apple). *The Journal of Horticultural Science* 63(3), 521-528.

Coletto, J.M. 1995. Crecimiento y desarrollo de las especies frutales. 2^a Edición. Editorial Grupo Mundi-Pensa. 168p.

Comité del kiwi. Variedades amarillas. [en línea]. Santiago de Chile. 12 de agosto de 2011. Disponible

en: <http://comitedelkiwi.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=141:variedades-amarillas-una-oportunidad-de-negocio-para-el-kiwi-chileno&catid=34:noticias>

Consultado el: 9 de abril de 2014.

Crisosto, C. H.; Gil, G y Zoffoli, J.P. 1998. Evaluación crítica del manejo de frutos de kiwi desde la cosecha, *Aconex* 58: 18-24

Crisoto, C.H. and Garner, D. 2001. 1-MCP inhibits kiwifruit softening during storage. *Perishables Handling Quarterly* 108, 19-20.

De Wild, H., Woltering, E. and Peppelenbos, H. 1999. Carbon dioxide and 1-MCP inhibit ethylene production and respiration of pear fruit by different mechanism. *Journal of experimental botany* 335: 837-844.

Gil G. F. 2004. Fruticultura: madurez de la fruta y manejo poscosecha: frutas de climas templado y subtropical y uva y vino. 2ª ed. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Huang, H.; Wang, S.; Huang, R.; Jiang, Z. and Zhang, Z. 2002. 'Jintao', a Novel, Hairless, Yellow-fleshed kiwifruit. *Horticultural Science*, 37(7), 1135-1136.

Kader, A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops. 3 Ed. United States. University California, Agriculture and Natural Resources. 580p.

Kim, H., Hewett, E.W., and Lallu N. 2001. The role of ethylene in kiwifruit softening. *Acta horticulturae*. 498: 255-261.

Koukounaras, A. and Sfakiotakis, E. 2007. Effect of 1-MCP prestorage treatment on ethylene and CO₂ production and quality of 'Hayward' kiwifruit during shelf-life after short, medium and long term cold storage. *Postharvest Biology and Technology*. 46, 174-180.

MacRae, E., and R. Redwell. 1992. Softening in kiwifruit. *Postharvest New Inform*. 3:49-52.

Mc Donald, B. and Harman, J. 1982. Controlled-atmosphere storage of kiwifruit. 1: Effect on fruit firmness and storage life. *Scientia Horticulturae*. 17, 113-123.

Menniti, A.M.; Gregori R. and Donati I. 2005. Effect of 1-methylcyclopropene on kiwi fruit softening. *Acta horticulturae*. 682, 2095-2099.

Mitchell, F.G., G. Mayer and B. Biasi. 1991. Providing continuous ethylene removal and its effect along with fruit maturity and fruit temperature on long term storage performance of Hayward kiwifruit. Report to the California Kiwifruit Commission.

Nakatsuka, A.; Murachi, S.; Okunishi, H.; Shiomi, S.; Nakano, R.; Kubo, Y. and Inaba, A. 1998. Differential expression and internal feedback regulation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase, 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase, and ethylene receptor genes in tomato fruit during development and ripening. *Plant Physiology*. 118, 1295-1305.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). Catastro frutícola. 2015. [en línea]. Disponible en: <<http://odepa.cl/superficie-de-frutales-por-region-2/>> Consultado el: 10 de abril de 2015.

Portal Frutícola. Avances y proyecciones para el kiwi Jintao en Chile. [en línea]. Santiago de Chile. 3 de septiembre de 2013. Disponible en:<

<http://www.portalfruticola.com/noticias/2013/09/03/avances-y-proyecciones-para-el-kiwi-jintao-en-chile/>> Consultado el: 9 de abril de 2014.

Pratella, G. 1985. Etilene: luci e ombre. *Revista di Frutticoltura*. 718, 82-85.

Reid, M. 2007. El etileno en la tecnología de postcosecha. (cap. 16, pp.177-192) En: Kadel, A. (Ed.). Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. 3^{ra} Edición. Estados Unidos. Universidad de California, Agriculture and Natural Resources. 580p.

Retamales, J. and Campos, R. 1997. Extremely low ethylene levels in ambient air are still critical for kiwifruit storage. *Acta horticulture*. 444, 573-576.

Sisler, E.C. and Serek, M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiolgy Plant*. 100, 577-582.

Watkins, C.B. 2002. Ethylene synthesis, mode of action, consequences and control. In: Knee, M. (Ed.). Fruit Quality and its Biological Basis. Sheffield Academic Press. 180-224p.

Yommi, A., Melucci M., Casanovas M., Quillehauquy V., Borrajo M., Fasciglione G. 2016. Uso de atmósfera controlada y 1-MCP en kiwis 'Hayward' producidos en Argentina: efectos sobre la maduración. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*. 115(1), 107-117.

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