

**UNIVERSIDAD DE CHILE**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

**Memoria de Título**

**APLICACIONES REPETIDAS DE 1-MCP EN ETAPAS  
TEMPRANAS DE ALMACENAMIENTO DE KIWI VAR.  
HAYWARD Y SUS EFECTOS EN MADURACIÓN**

**MAURICIO ANTONIO SEPÚLVEDA PARADA**

SANTIAGO – CHILE  
2009

# UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

## APLICACIONES REPETIDAS DE 1-MCP EN ETAPAS TEMPRANAS DE ALMACENAMIENTO DE KIWI VAR. HAYWARD Y SUS EFECTOS EN MADURACIÓN

Memoria para optar al Título  
Profesional de Ingeniero Agrónomo  
Mención: Fruticultura

**Mauricio Antonio Sepúlveda Parada**

PROFESOR GUÍA Sr. Julio Retamales A. Ing. Agrónomo, Dr. sc. agr.	Calificaciones 6,6
PROFESORES CONSEJEROS Sr. Tomás Cooper C Ing. Agrónomo, Dr. sc. agr	6,5
Sr..Ljubica Galletti S Ing. Agrónomo	6,7

Santiago, Chile

2009

# ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
MATERIALES Y MÉTODOS	5
Evaluación inicial	5
Materia seca	5
Firmeza del fruto	6
Sólidos solubles	6
Acidez titulable	6
Tasa de producción de etileno	6
Tasa respiratoria	6
Evaluaciones de postcosecha	6
Desordenes fisiológicos	7
Diseño experimental y análisis estadístico	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
Firmeza a salida de almacenamiento refrigerado	9
Sólidos solubles totales a salida del almacenamiento refrigerado	10
Sólidos solubles totales en período de simulación de exposición y venta	10
Acidez titulable a salida del almacenamiento refrigerado	11
Acidez titulable en período de simulación de exposición y venta	11
Tasa de producción de etileno	12
Tasa respiratoria	17
Período a madurez de consumo	21
Columela dura	27
CONCLUSIONES	28
BIBLIOGRAFÍA	29
APÉNDICE	32

## RESUMEN

Frutos de kiwi de la variedad Hayward, fueron expuestos al inhibidor de acción de etileno 1-MCP a una concentración de  $1000 \text{ nL}\cdot\text{L}^{-1}$  por 6 horas con aplicaciones cada 7 días hasta completar 5 aplicaciones sucesivas en el tratamiento con el máximo número de aplicaciones. Los tratamientos consistieron en 1 aplicación (T2), 2 aplicaciones (T3), 3 aplicaciones (T4), 4 aplicaciones (T5), 5 aplicaciones (T6) y un testigo sin aplicación (T1). La fruta fue almacenada a una temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$ , en la empresa Unifrutti ubicada en Linderos, por periodos de 15; 30; 60; 90; 120 días y se sometió a evaluación tanto a salida de frío como en período de exposición y venta (PSEV). En el caso de los frutos del período de exposición y venta, la evaluación se efectuó luego que alcanzaran una firmeza equivalente a 1 kg-f, indicativo de haber alcanzado una condición de madurez de consumo. Los parámetros evaluados fueron tasa de producción de etileno, tasa respiratoria, firmeza, acidez, ablandamiento de columela.

A salida de frío los frutos aplicados con 1-MCP fueron inicialmente más firmes que aquéllos del testigo; luego de la quinta semana en adelante se produce una paulatina pérdida de tales diferencias con la prolongación del almacenamiento refrigerado. En el caso del PSEV, los frutos del tratamiento testigo llegaron a la madurez de consumo mucho antes que los frutos tratados con 1-MCP, 10 y 19 días respectivamente.

La tasa de producción de etileno de la fruta evaluada en distintos períodos inmediatamente a salida de frío fue baja, sin expresar diferencias estadísticas entre tratamientos en la mayoría de las evaluaciones, no determinándose un efecto consistente en la inhibición de la producción de etileno en los tratamientos aplicados con 1-MCP.

Por otra parte, en el PSEV se aprecia que, independiente del número de aplicaciones la tasa de producción de etileno de los frutos tratados con el inhibidor tiende a permanecer baja en relación con los frutos del testigo en distintos períodos de medición, determinando diferencias significativas en varias de las evaluaciones.

En el caso de la tasa respiratoria la aplicación de 1-MCP (independiente del número de aplicaciones) tiende a reducirla, aunque esta reducción se manifiesta mayormente en el período de exposición y venta. El comportamiento de otros parámetros como sólidos solubles totales, porcentaje de acidez y ablandamiento de columela no presentó respuesta diferencial a la aplicación de 1-MCP.

Palabras claves: Inhibición de etileno, firmeza de la pulpa, vida después de almacenaje en frío, 1-metilciclopropeno.

## ABSTRACT

Kiwifruit var. Hayward were exposed to the ethylene action inhibitor 1-MCP at a concentration of  $1000 \text{ nL}\cdot\text{L}^{-1}$  for 6 hours, with applications being performed every 7 days up to completing 5 successive applications for the treatment with the highest application number. Treatments consisted of one application (T2), 2 applications (T3), 3 applications (T4), 4 applications (T5), 5 applications (T6) and a control treatment without application (T1). Fruit was stored at a temperature of  $0^{\circ}\text{C}$ , in the facilities of Unifrutti located in Linderos, for periods of 15, 30, 45, 60, 90 and 120 days, being evaluated both right after cold storage and after a period of simulated shelf life (SL). In this case, evaluation was carried out once fruits reached firmness equivalent to 1 kg-f, considered as having reached consumption ripeness. Parameters evaluated were ethylene production rate, respiration rate, firmness, acidity, columella firmness.

Right from cold storage, fruits applied with 1-MCP were initially firmer than those from the control treatment, however, from the 5<sup>th</sup> week onwards a gradual loss of such differences was evident with prolongation of cold storage. For shelf life, fruits from control treatment attained ripeness considerably earlier than 1-MCP-treated fruits, storing for 19 days at  $20^{\circ}\text{C}$  while the ones from control treatment lasted 10 days.

Ethylene production rate was low for fruit evaluated in different periods right after cold storage, without statistical differences being present between treatments in most of the evaluations, and, therefore, not defining consistent effect on inhibition of ethylene production for the inhibitor-applied treatments.

On the other hand, during shelf life (SL) it could be determined that, independently of the number of applications, ethylene production rate of inhibitor-applied fruits kept lower as related to untreated fruits in different evaluation opportunities, determining significant differences in many evaluations.

In the case of respiration rate, application of 1-MCP (irrespective of the number of applications) tended to reduce it, although such reduction was particularly marked during the shelf life period. Behaviour of further parameters like total soluble solids, acidity and columella softening was not influenced by 1-MCP application.

Key words: Ethylene inhibition, fruit firmness, shelf life, 1-methylcyclopropene.

# APLICACIONES REPETIDAS DE 1-MCP EN ETAPAS TEMPRANAS DE ALMACENAMIENTO DE KIWI VAR. HAYWARD Y SUS EFECTOS EN MADURACIÓN

## EFFECT OF SUCCESSIVE APPLICATIONS OF 1-MCP, PERFORMED IN EARLY STAGES OF STORAGE, ON HAYWARD KIWIFRUIT RIPENING

**Mauricio Antonio Sepúlveda Parada**

### INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas que presentan los frutos de kiwi *Actinidia deliciosa* (A. Chev) C.F. Liang et A.R. Ferguson var. Hayward) es la pérdida de firmeza en poscosecha lo que limita su duración en almacenamiento. Este proceso está relacionado fuertemente con la presencia de etileno, una hormona vegetal que regula numerosos procesos de crecimiento y senescencia de las plantas (Abeles *et al.*, 1992), y cuya acción tiene un papel central en el proceso de maduración de diversos frutos (Zacarias y Lafuente, 1993). Para ejercer su efecto en plantas debe acoplarse a un receptor con el cual se forma un complejo activo obteniendo de esta manera la respuesta al etileno (Sisler y Serek, 1997).

El ablandamiento de la pulpa del kiwi es inducido en presencia de niveles de etileno exógenos incluso tan bajos como  $10 \text{ nL} \cdot \text{L}^{-1}$  (Retamales y Campos, 1994) y esta sensibilidad se acentúa a medida que avanza la madurez de la fruta (Mac Rae *et al.*, 1989). El ablandamiento del kiwi almacenado a  $0^{\circ}\text{C}$  se ha descrito que sigue una curva característica de 3 fases teniendo la primera muy pronunciada (Kim *et al.*, 1999), la cual ocurre durante los primeros 2 meses (Arpaia *et al.*, 1994), contribuyendo con el 50 o el 80% del ablandamiento final (Zoffoli *et al.*, 2002).

El desarrollo de nuevas técnicas de poscosecha como los ciclopropanos, dentro de los cuales destaca el 1-MCP (1-metilciclopropano), ha demostrado ser eficaz en la inhibición de la acción y síntesis de etileno en la mayoría de los frutos climatéricos en que se ha estudiado como en manzanas (González, 2003), tomate (Nakatsuka *et al.*,

1998), peras (de Wild *et al.*, 1999). Una excepción a esto lo constituye el kiwi, en el cual el efecto parece ser sólo marginal (Acevedo, 2004; Becerra, 2005).

Se ha demostrado que el inhibidor de la acción del etileno, 1-metilciclopropeno (1-MCP), permite inhibir la acción del etileno en diversos tejidos, compitiendo por el sitio de acople en el receptor del etileno. Este acople al receptor de etileno por parte de 1-MCP parece ser de naturaleza irreversible proporcionando un amplio periodo de protección (Sisler y Serek, 1997).

Por esta razón, parece pertinente contribuir a reducir el rápido ablandamiento de la primera fase del kiwi aplicando 1-MCP de forma sucesiva, ya que se asume que 1-metilciclopropeno va perdiendo efectividad en el transcurso del tiempo en función de síntesis de nuevos receptores (Kim *et al.*, 2001).

Como objetivo se planteó determinar posibilidad de inhibición de ablandamiento en kiwi refrigerado con aplicación de un inhibidor de acción de etileno, como asimismo determinar posibilidad de inhibición de ablandamiento en kiwi posterior al almacenaje refrigerado

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Postcosecha del INIA La Platina ubicado en la comuna de La Pintana, Región Metropolitana.

Se utilizaron frutos de kiwi (*Actinidia deliciosa*), variedad Hayward, provenientes de la localidad de Huelquén, comuna de Buin, Región Metropolitana, cosechados con una concentración de sólidos solubles entre 6,2 y 6,5 °Brix, de un calibre homogéneo 33 (suministrada por una exportadora). El contenido de materia seca de los frutos a la cosecha alcanzó 18,76 %. La fruta cosechada fue almacenada en atmósfera normal, posterior a un curado por 48 horas a temperatura ambiente, a una temperatura de 0°C y humedad relativa 88-90% con control de etileno.

La fruta fue tratada, posterior al curado, en cámaras de 0,66 m<sup>3</sup> cerradas herméticamente, aplicándose en cada oportunidad una concentración de 1000 nL\*L<sup>-1</sup> de 1-MCP (producto comercial SmartFresh, con 0,14% de i.a) por un período de 6 horas a 0°C, tiempo durante el cual se liberó 1-MCP como gas a partir del contacto de la formulación en polvo con agua destilada.

Se realizaron seis tratamientos, los cuales se describen en el cuadro 1:

Cuadro 1 Esquema de tratamientos.

Tratamientos	Descripción
T1	testigo sin aplicación
T2	aplicación de 1-MCP a 0 días (directo de cosecha)
T3	aplicación de 1-MCP a 0 y 7 días.
T4	aplicación de 1-MCP a 0, 7 y 14 días.
T5	aplicación de 1-MCP a 0, 7, 14 y 21 días.
T6	aplicación de 1-MCP a 0, 7, 14, 21 y 28 días.

### Evaluación inicial.

Para definir la condición inicial de la fruta, se utilizó un total de 28 frutos sacados completamente al azar de la fruta previo a la aplicación del tratamiento.

Los parámetros a evaluar fueron:

**Materia seca (MS):** se cortó una sección transversal de la zona ecuatorial de los frutos, (1 cm de espesor aproximadamente), que se secó en estufa por 24 horas a 70°C (hasta peso constante). Las muestras se pesaron en fresco y, una vez sacadas de la estufa, se

determinó el peso seco de la muestra. Las mediciones se realizaron en una muestra compuesta por 10 frutos. El resultado se expresó en porcentaje (%) de MS.

**Firmeza:** Las mediciones fueron realizadas sobre una muestra de 20 frutos, se evaluó previa remoción de la piel en las dos caras opuestas de la zona media de cada fruto, por medio de un presionómetro Effegi con un émbolo de 7,9 mm de diámetro. Los resultados se expresaron en kg-f (kilogramos-fuerza).

**Sólidos solubles:** Las mediciones fueron realizadas sobre una muestra de 20 frutos en forma individual con refractómetro termocompensado marca Atago, con escala 0-30. Los resultados se expresaron en grados Brix.

**Acidez total titulable:** Se utilizaron 10 ml de jugo de una muestra compuesta y homogeneizada de los 20 frutos (4 grupos de 5 frutos); se midió por titulación con NaOH 0.1 N hasta alcanzar pH entre 8,2-8,3, con un determinador de pH marca Extech Instruments modelo 3219900. Los resultados se expresaron en porcentaje base a ácido cítrico.

**Tasa de producción de etileno:** Se utilizaron 8 frutos los cuales se colocaron cada uno en un frasco herméticamente sellado de volumen conocido (750 mL) durante un período de 12 horas y mantenidos a temperatura constante de 20°C, luego de lo cual se extrajo una muestra de 1 mL que se llevó al cromatógrafo de gases. La determinación de la concentración de etileno, expresada en  $\text{mL} \cdot \text{L}^{-1}$ , se efectuó mediante un cromatógrafo de gases Shimadzu GC-8A el cual posee un detector de ionización de llama (FID) y una columna Porapack. La tasa de producción de etileno se expresó en  $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

**Tasa respiratoria:** Se extrajo una muestra de 1 mL de los mismos frascos utilizados para medir producción de etileno. La medición de concentración de  $\text{CO}_2$ , dada por el equipo en porcentaje, se efectuó mediante un cromatógrafo de gases PERKIN ELMER Auto System XL el cual posee un detector (TCD) y una columna CTR1. La tasa respiratoria se expresó en  $\text{mL de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

### **Evaluaciones de postcosecha**

Se realizaron evaluaciones a los 0, 15, 30, 45, 60, 90 y 120 días de almacenamiento refrigerado (salida de frío) y, luego de cada período de almacenamiento, manteniéndose la fruta a 18°C - 20°C por un período de simulación de exposición y venta determinado por el ablandamiento al tacto de los frutos individuales, hasta que alcanzaron una firmeza equivalente a 1 kg-f (Cuadro 2).

Cuadro 2. Evaluaciones a salida de frío.

Evaluaciones (días)	tratamientos a evaluar
0	Evaluación inicial (T1).
15	T1-T2-T3
30	T1-T2-T3-T4-T5
45	T1-T2-T3-T4-T5-T6
60	T1-T2-T3-T4-T5-T6
90	T1-T2-T3-T4-T5-T6
120	T1-T2-T3-T4-T5-T6

Se evaluaron a salida de frío 20 frutos de cada uno de los tratamientos. Se dejaron 20 frutos a 20°C en período de simulación de exposición y venta de cada uno de los tratamientos.

Se evaluaron los parámetros ya indicados a la evaluación de inicial, en el caso del período subsiguiente de almacenamiento a 20°C se agregó desórdenes fisiológicos, para las mediciones de tasa respiratoria y tasa de producción de etileno se midieron a los 5 días y a los 10 días de estar a 20°C

**Desórdenes fisiológicos:** Columela dura, se realizó evaluando a través de tablas cada fruto en forma individual (en el caso del período de simulación de exposición y venta).

En cuanto a columela dura (placenta) se utilizó la siguiente escala, la que fue de 1 a 4, dependiendo de la resistencia de la columela a la presión al tacto (Cuadro 3).

Cuadro 3 Escala de columela .

Grado de dureza	Descripción (resistencia a la presión)
1	no presenta
2	levemente duro
3	medianamente duro
4	extremadamente duro

### Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado en el cual el fruto correspondió a una repetición, se contó con 20 repeticiones por tratamientos para la mayor parte de las determinaciones. En el caso de análisis de tasa de respiración y tasa de producción de etileno constó de 8 repeticiones y en el caso de la acidez total titulable constó de 4 repeticiones constituidas por 4 grupos de 5 frutos.

Los resultados se sometieron a análisis de varianza (ANDEVA) y en el caso de existir diferencias significativas se utilizó la prueba de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

En aquellas mediciones con resultados no paramétricos como desórdenes fisiológicos internos se utilizó además de análisis de varianza, la prueba de rangos de Kruskal-Wallis ( $\alpha \leq 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Firmeza a salida de almacenamiento refrigerado

En los primeros 15 días de almacenamiento en frío se apreció una leve baja de la firmeza partiendo de un valor inicial de 7,8 kg-f, disminuyendo a partir de este período en adelante para llegar a una firmeza promedio de 6 kg-f a los 30 días de almacenamiento en frío a 0°C y alcanzando una firmeza promedio de 1,2 kg-f a los 120 días en el caso del testigo (T1). Por otra parte, en el caso de los tratamientos con aplicaciones de 1-MCP (T2 a T6) el ablandamiento disminuyó en relación a la fruta del tratamiento testigo (mantención de la firmeza de la fruta) entre los 30 hasta los 60 días de almacenamiento, presentando las mayores diferencias a los 45 días. Sin embargo, a partir de los 45 días se reduce paulatinamente la firmeza en la fruta correspondiente a todos los tratamientos aplicados con 1-MCP, para llegar al final del período de almacenamiento (120 días) a no presentar diferencias significativas con la fruta del tratamiento testigo (Cuadro 4).

En general, los frutos aplicados con 1-MCP fueron inicialmente más firmes que aquéllos del testigo con diferencias significativas luego de 45 y hasta los 90 días de almacenamiento en frío. Aunque un mayor número de aplicaciones de 1-MCP, como en los tratamientos 4 y 5 (con 3 y 4 aplicaciones, respectivamente), determina una mayor retención de firmeza en la fruta a los 45 días de almacenamiento, la falta de diferencias significativas entre la fruta del mayor número de aplicaciones (T6 con 5 aplicaciones) y aquélla de los tratamientos con menor número de aplicaciones de 1-MCP (T2 y T3), no permite avalar la idea que aplicaciones repetidas de 1-MCP permitan obtener un mayor efecto de retención de firmeza que una sola aplicación inicial en kiwi. Estos resultados concuerdan básicamente con aquéllos obtenidos por Crisosto y Garner (2001), quienes también obtuvieron diferencias significativas iniciales en firmeza para frutos aplicados con 1-MCP respecto de frutos no aplicados, con una paulatina pérdida de tales diferencias con la prolongación del almacenamiento refrigerado. Por otra parte, Boquete *et al.*, (2004) cuando aplicaron 1-MCP después del almacenamiento refrigerado determinaron un retraso del ablandamiento en kiwi, pero también que sus efectos se van perdiendo a través del tiempo.

Cuadro 4. Firmeza en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del período de almacenamiento refrigerado

Tratamiento	Firmeza						
	0 días	15 días	30 días	45 días	60 días	90 días	120 días
T1 <sup>1</sup>	7,8	7,4 a <sup>2</sup>	5,9 a	3,9 c	2,9 c	1,9 b	1,2 a
T2	-----	8,0 a	6,9 a	5,7 b	3,5 bc	2,2 ab	1,5 a
T3	-----	7,8 a	6,2 a	5,7 b	3,9 ab	2,4 a	1,3 a
T4	-----	-----	6,4 a	6,4 a	4,1 ab	1,9 b	1,3 a
T5	-----	-----	6,4 a	6,5 a	4,4 a	2,3 a	1,6 a
T6	-----	-----	-----	5,5 b	3,8 b	2,5 a	1,7 a

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

### Sólidos solubles a salida del almacenamiento refrigerado.

En cuanto a la evaluación de sólidos solubles a salida de frío se observó un aumento constante hasta los 120 días de almacenado en frío desde 6,2°Brix en el tratamiento testigo en la evaluación inicial hasta 13,4°Brix promedio en la última evaluación (Apéndice I, Cuadro 1), lo cual concuerda con Kader (1992) quien menciona que los sólidos solubles en kiwi incrementan después de cosecha en más del doble durante el primer y segundo mes de almacenaje.

Aunque existieron diferencias significativas a los 15 y 30 días de almacenamiento y posteriormente a los 90 días, no presentándose en las otras evaluaciones, no se aprecia un patrón claro de niveles de sólidos solubles para un tratamiento en particular que permita derivar un efecto directo de 1-MCP sobre la acumulación de sólidos solubles. Análogamente, Acevedo (2003) no determinó diferencias en evolución de sólidos solubles entre fruta tratada y no tratada con 1-MCP en diferentes dosis y con distinto número de aplicaciones. Similares resultados obtuvieron Crisosto y Garner (2001) y Menniti *et al.*, (2005).

### Sólidos solubles totales en período de simulación de exposición y venta

En el período de simulación de exposición y venta (PSEV) a 20°C los sólidos solubles totales aumentaron comparado con los medidos a salida de frío y se mantuvieron entre los 13,6 °Brix y los 14,2 °Brix en cada una de las evaluaciones. Esto concuerda con MacRae *et al.*, (1989), los que establecen que la concentración de sólidos solubles se incrementa cuando la fruta se mantiene a 20°C. Sólo se obtuvieron diferencias estadísticas a los 15 días, 30 días y a los 90 días más sus respectivos PSEV sin tener una influencia mayor la aplicación o no de 1-MCP (Apéndice I, Cuadro 2)

### Acidez titulable a salida del almacenamiento refrigerado.

El porcentaje de acidez titulable inicial fue de 2,1% expresado en ácido cítrico, el cual disminuyó a lo largo del período de almacenamiento refrigerado hasta los 60 días con un promedio de 1,6% de ácido cítrico manteniéndose hasta la última evaluación a salida de frío (Apéndice II, Cuadro 1). Este comportamiento concuerda con Nardin (1990), quien menciona que a medida que los frutos tienden a ablandarse se produce paralelamente una importante disminución de los ácidos. En ninguna de las evaluaciones a salida de almacenamiento refrigerado, salvo a los 60 días, se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos por lo cual no se aprecia un efecto claro del 1-MCP, concordando con Crisosto y Garner (2001) y Menniti *et al.*, (2005), quienes mencionan que en sus ensayos no existió ninguna influencia del 1-MCP en la degradación de acidez titulable.

### **Acidez titulable en período de simulación de exposición y venta**

En las mediciones en el PSEV se apreció, de forma análoga a la medición durante el almacenamiento refrigerado, un descenso en el porcentaje de ácido cítrico y no se aprecian diferencias estadísticas entre tratamientos, indicando que aplicaciones de 1-MCP no afectan este parámetro de maduración tanto a salida de frío como a 20°C (Apéndice II, Cuadro 2).

## Tasa de producción de etileno

La fruta de los distintos tratamientos no presentó diferencias en la tasa de producción de etileno a los 15 días de estar almacenada en frío (Figura 1, Apéndice III, Cuadro 1). En el período posterior de simulación de exposición y venta (PSEV) no se determinaron diferencias significativas, probablemente debido a una alta dispersión de los datos, a pesar de que el testigo en promedio aparentemente alcance valores más elevados que los frutos tratados con 1-MCP. No obstante, se puede apreciar que en la totalidad de los frutos tratados con 1-MCP no aumenta la tasa de producción de etileno durante su almacenaje a 20°C, mientras en el caso de los frutos del testigo algunos de ellos aumentan su tasa considerablemente a los 5 días a 20°C, manteniéndose tal alza hasta los 10 días en período de almacenaje simulado.

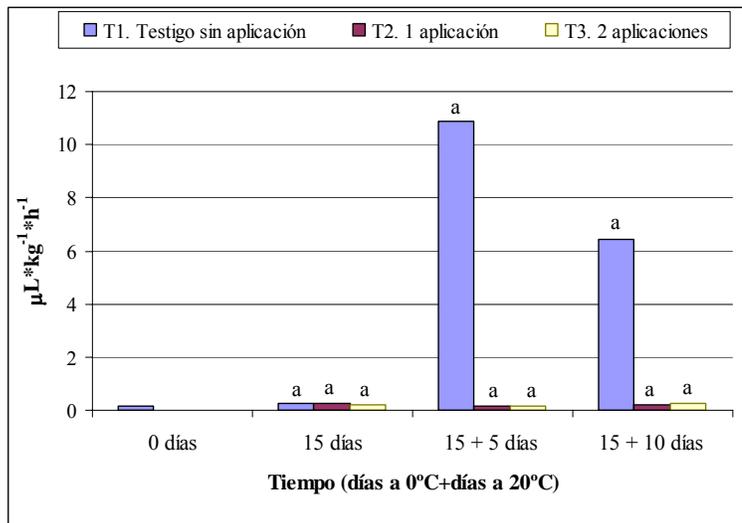


Figura 1. Tasa de producción de etileno en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 15 días de almacenamiento refrigerado y período de exposición y venta a 20°C.

Luego de 30 días de almacenamiento refrigerado nuevamente no se presentaron diferencias entre tratamientos en tasa de producción de etileno directamente a salidas de frío (Figura 2, Apéndice III, Cuadro 2) como tampoco en el PSEV posterior, con igual comportamiento que a los 15 días en términos de alza de producción de etileno en la fruta del tratamiento testigo y mantención de ella en la fruta tratada con 1-MCP independiente de la cantidad de aplicaciones.

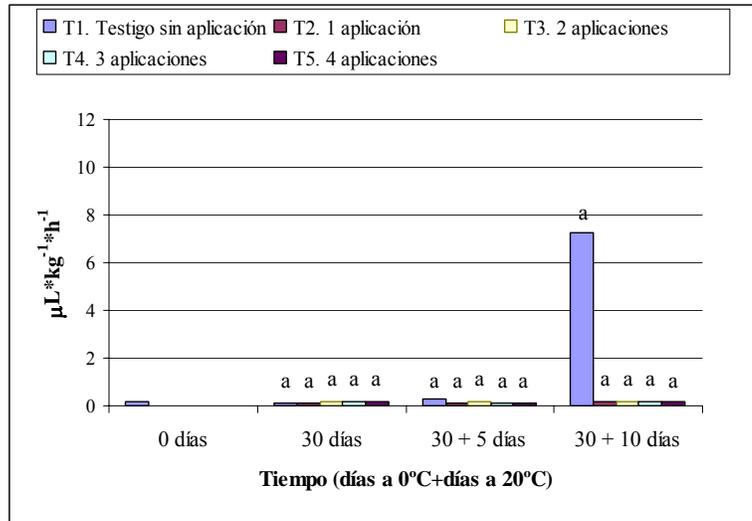


Figura 2. Tasa de producción de etileno en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 30 días de almacenamiento refrigerado y período de exposición y venta a 20°C.

De forma análoga, aunque con existencia de diferencias significativas, luego de 45 días de almacenados a 0°C, la tasa de producción de etileno para los frutos de todos los tratamientos fue baja en promedio, siendo mayor aquélla del tratamiento testigo con respecto a la mayor parte de los tratamientos con aplicación de 1-MCP (Figura 3, Apéndice III, Cuadro 3). Similarmente, la fruta del testigo presentó un incremento de la tasa de producción de etileno con el avance del PSEV que alcanzó hasta casi 30 veces desde salida de frío hasta los 10 días a 20°C, mientras que tasa de producción de etileno de la fruta de los diferentes tratamientos con 1-MCP permanece baja.

Esta notoria disminución de la tasa de producción de etileno en el período de simulación de exposición y venta (PSEV) se puede relacionar con un efectivo bloqueo de la acción de etileno por parte de 1-MCP, lo cual estaría inhibiendo el efecto autocatalítico de etileno, característico de los frutos climatéricos (Lelièvre *et al.*, 1997). Es importante destacar que el mayor efecto de bloqueo de la síntesis de etileno en fruta tratada con 1-MCP se produce en las condiciones de 20°C que corresponden al PSEV y no al período inmediatamente a continuación del almacenamiento a 0°C, por lo que se puede concluir que durante el período de almacenamiento refrigerado la expresión de inhibición de los procesos de maduración por parte de 1-MCP también se vería disminuida.

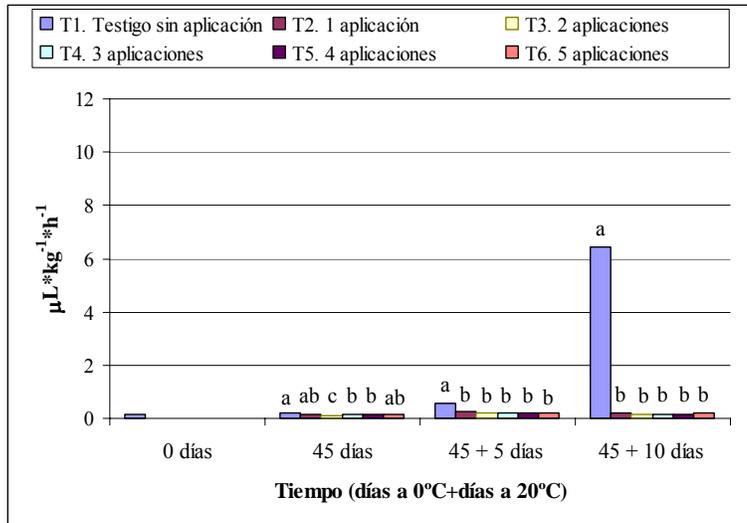


Figura 3. Tasa de producción de etileno en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 45 días de almacenamiento refrigerado y período de exposición y venta a 20°C.

A diferencia del comportamiento anterior, luego de los 60 días de almacenamiento en frío la fruta de los distintos tratamientos se comportó, más bien, en forma similar a lo apreciado luego de 15 días de almacenamiento refrigerado (Figura 4, Apéndice III, Cuadro 4).

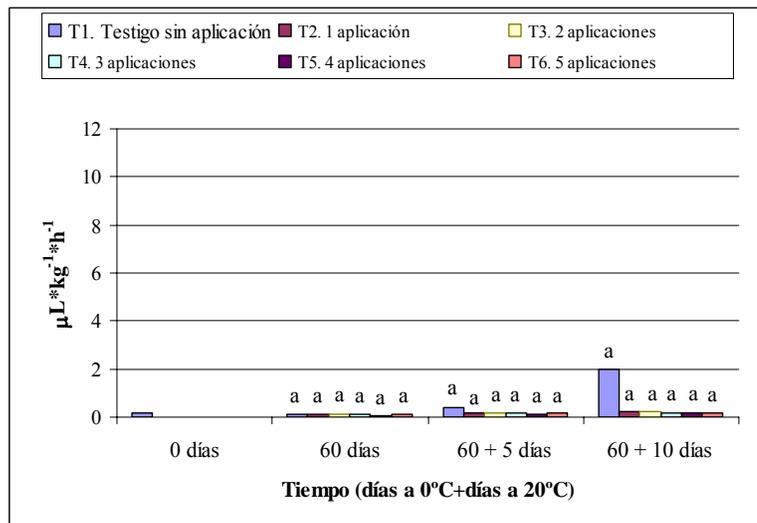


Figura 4. Tasa de producción de etileno en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 60 días de almacenamiento refrigerado y período de exposición y venta a 20°C.

La tasa de producción de etileno a los 90 días de almacenaje en frío fue baja en promedio para todos los frutos de los distintos tratamientos y no se aprecian diferencias significativas entre ellos (Figura 5, Apéndice III, Cuadro 5). A los 5 días a 20°C se observó un incremento de la tasa de producción de etileno en el testigo (T1) manteniéndose baja la tasa de la fruta de los diferentes tratamientos con 1-MCP, luego con el avance del PSEV la tasa va disminuyendo paulatinamente en el testigo y las tasas de los frutos con 1-MCP se mantuvieron constantes durante los 10 días siguientes del PSEV. Se aprecia diferencias significativas entre el testigo y los demás tratamientos con 1-MCP en los 5 días a 20°C y en los 10 días. Nuevamente es posible apreciar que el factor determinante en la inhibición del efecto autocatalítico propio de la acción de etileno está dado por el hecho de aplicar o no 1-MCP y no se relaciona mayormente con aplicaciones repetidas del inhibidor.

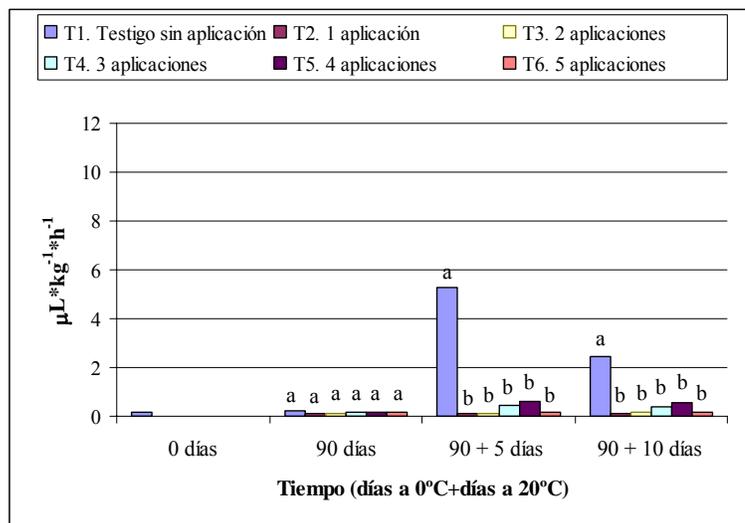


Figura 5. Tasa de producción de etileno en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 90 días de almacenamiento refrigerado y período de exposición y venta a 20°C.

Luego de 120 días de almacenamiento refrigerado se apreció diferencias significativas entre la fruta del testigo y aquella de los tratamientos con 1-MCP, con una baja tasa de producción de etileno para todos los tratamientos. Con el avance del PSEV se advierte un alza de la tasa de producción de etileno en la fruta del testigo mostrando diferencias con los frutos tratados con 1-MCP a los 5 días y a los 10 días (Figura 6, Apéndice III, Cuadro 6). Similarmente, como en el caso del período de los 90 días de almacenamiento refrigerado, se aprecia que el factor determinante en la inhibición de la acción de etileno está dado por el hecho de aplicar o no 1-MCP y no se relaciona mayormente con aplicaciones repetidas del inhibidor.

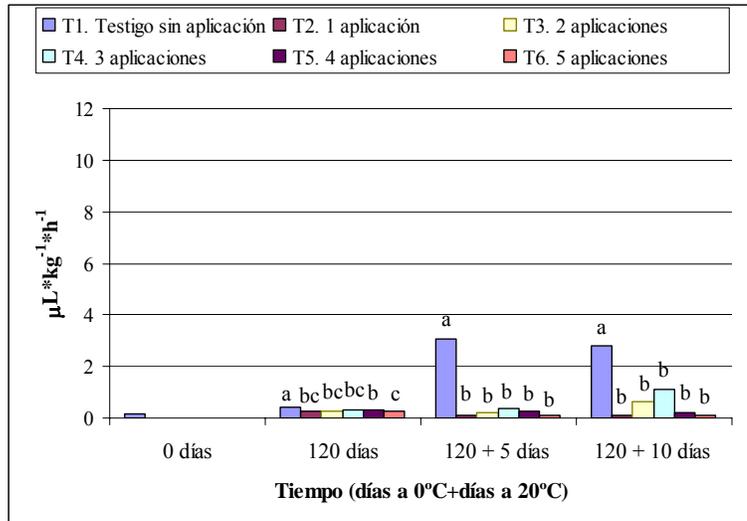


Figura 6. Tasa de producción de etileno en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 120 días de almacenamiento refrigerado y período de exposición y venta a 20°C.

En el caso de la tasa de producción de etileno a salida de frío en todas las evaluaciones se mantiene baja sin presentar diferencias estadísticas salvo a los 45 y 120 días. Similarmente, Kader y Kasmire (1984) determinan que la producción de etileno en kiwi es baja entre 0,01-1,0  $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  antes de alcanzar la madurez de consumo, lo cual coincide con los resultados de este estudio.

A pesar de esta baja producción de etileno a 0°C, ello puede activar procesos involucrados en la maduración (Hewitt *et al.*, 1999) por lo que la fruta de kiwi sigue ablandándose, lo que indicaría que a medida que avanza la madurez la sensibilidad al etileno endógeno aumentaría, posiblemente porque los receptores de etileno presenten mayor afinidad (Kim *et al.*, 1999) o por la formación de nuevos receptores (Kim *et al.*, 2001). Es posible que pequeños cambios en la concentración de etileno, incapaces de ser distinguidos en el almacenamiento en frío, podrían afectar el ablandamiento subsiguiente durante el almacenamiento (Manríquez *et al.*, 1999).

Adicionalmente, otros autores (MacRae y Redgwell, 1992) indican que el ablandamiento temprano del kiwi puede producirse adicionalmente por procesos diferentes a los cambios originados por el incremento climatérico del etileno y respiración. De manera análoga, Jones *et al.*, (2001) indican que en el proceso de ablandamiento en melones existirían componentes dependiente del etileno y otros independientes de éste.

Luego, a diferencia de la salida de frío, en el período de exposición y venta a 20°C en el caso de los frutos testigo se produce la autocatálisis de etileno aumentando considerablemente su tasa de producción, mientras permanece baja en todas las evaluaciones de los frutos tratados con 1-MCP, apreciándose diferencias estadísticas en algunas de las evaluaciones entre los tratamientos con 1-MCP y el testigo sin importar

que número de aplicaciones. Coincidiendo con esto, Boquete *et al.*, (2004) encontraron un comportamiento análogo al disminuir la producción de etileno con 1-MCP.

### Tasa respiratoria

En relación a la respiración medida a través de tasa de producción de CO<sub>2</sub>, a los 15 días de almacenamiento a 0°C, sólo se aprecian diferencias significativas en la fruta del tratamiento T3 (con 2 aplicaciones de 1-MCP) con respecto al testigo (T1) y la fruta con 1 aplicación de 1-MCP (T2) (Cuadro 5), reduciendo el T3 la tasa respiratoria. A los 5 días de almacenamiento a 20°C se aprecia una disminución de la tasa respiratoria de los frutos tratados con 1-MCP y un aumento de la tasa de los frutos del tratamiento testigo, mostrando diferencia estadística entre éste y los frutos tratados con 1-MCP (Cuadro 5), mientras que a los 10 días del período posterior de simulación de exposición y venta (PSEV) hubo una leve alza de la tasa de producción de CO<sub>2</sub>, aunque sin alcanzar a determinar diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 5. Tasa de producción de CO<sub>2</sub> en fruta de kiwi de diferentes tratamientos a los 0 días y después de 15 días de almacenamiento refrigerado a 0°C y PSEV a 20°C

Tratamientos	Tasa de producción de CO <sub>2</sub>			
	0 días	15 días	15+5 días	15+10 días
	mL*kg <sup>-1</sup> *h <sup>-1</sup>			
T1 <sup>1</sup>	25,50	29,91 a <sup>2</sup>	34,18 a	32,59 a
T2	-----	27,85 a	21,75 b	29,43 a
T3	-----	23,77 b	21,43 b	24,11 a
T4	-----	-----	-----	-----
T5	-----	-----	-----	-----
T6	-----	-----	-----	-----

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

No se vio un efecto claro de las aplicaciones de 1-MCP en la tasa de producción de CO<sub>2</sub> a los 30 días de almacenamiento en frío, ya que en algunas ocasiones este producto la disminuyó, aumentó o simplemente no causó ningún efecto (Cuadro 6). A los 5 días (PSEV) esta tasa disminuye en la fruta de todos los tratamientos y no se observan diferencias estadísticas entre estos, luego, a los 10 días a 20°C aumenta en todos los tratamientos la tasa de producción de CO<sub>2</sub>, sin embargo fue menor en los frutos de todos los tratamientos con 1-MCP, presentándose diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos con este producto. Las aplicaciones de 1-MCP redujeron la tasa respiratoria en los frutos aplicados sólo luego de 10 días a 20°C, no observándose ninguna diferencia en el número de aplicaciones, resultado que difiere de los obtenidos por otros investigadores (Acevedo, 2004; Crisosto y Garner, 2001) quienes no obtuvieron diferencias para este parámetro en función de aplicación de 1-MCP en kiwi, a diferencia de lo que sucede en otras frutas climatéricas como manzanas (González, 2003), tomate (Nakatsuka *et al.*, 1998), bananas (Golding *et al.*, 1998) y peras (de Wild *et al.*, 1999) en las cuales es posible apreciar tales diferencias.

Cuadro 6. Tasa de producción de CO<sub>2</sub> en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 30 días de almacenamiento refrigerado a 0°C y PSEV a 20°C.

Tratamientos	Tasa de producción de CO <sub>2</sub>		
	30 días	30+5 días mL*kg <sup>-1</sup> *h <sup>-1</sup>	30+10 días
T1 <sup>1</sup>	42,55 ab <sup>2</sup>	37,92 a	58,53 a
T2	37,45 bc	31,35 a	44,95 b
T3	36,22 c	35,42 a	42,66 b
T4	40,72 abc	32,72 a	46,51 b
T5	45,67 a	33,87 a	40,44 b
T6	-----	-----	-----

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

Luego de 45 días de almacenamiento refrigerado la tasa de producción de CO<sub>2</sub> presentó diferencias significativas entre la fruta del testigo y el resto de los tratamientos aplicados con 1-MCP, con la excepción de la fruta con el mayor número de aplicaciones del producto (T6). A los 5 días de período posterior de simulación de exposición y venta (PSEV) nuevamente existen diferencias significativas entre la fruta del tratamiento testigo y la mayor parte de los tratamientos aplicados con 1-MCP, aunque no necesariamente determinando diferencias con los mismos tratamientos (Cuadro 7). Por el contrario, sin embargo, no se apreció un patrón claro en la inhibición de la tasa de producción de CO<sub>2</sub> durante todo el período posterior de simulación de exposición y venta (PSEV) en función del número de aplicaciones de 1-MCP.

Cuadro 7. Tasa de producción de CO<sub>2</sub> en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 45 días de almacenamiento refrigerado a 0°C y PSEV a 20°C.

Tratamientos	Tasa de producción de CO <sub>2</sub>		
	45 días	45+5 días mL*kg <sup>-1</sup> *h <sup>-1</sup>	45+10 días
T1 <sup>1</sup>	31,23 a <sup>2</sup>	34,04 a	24,05 a
T2	25,97 bc	31,46 ab	20,92 ab
T3	25,28 bc	26,58 abc	21,84 ab
T4	22,96 c	20,21 c	18,56 bc
T5	24,41 c	18,64 c	17,17 c
T6	27,87 ab	23,18 bc	20,59 abc

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

A los 60 días de almacenamiento a 0°C, la tasa de producción de CO<sub>2</sub> en el caso del tratamiento testigo fue una de las más bajas en comparación con los demás tratamientos aplicados con 1-MCP y no se producen diferencias estadísticas con la mayoría de estos tratamientos. A diferencia del período anterior, la fruta con el mayor número de aplicaciones es aquella que produjo la mayor tasa de producción de CO<sub>2</sub>. A los 5 días a 20°C se observó una leve baja de la tasa de producción de CO<sub>2</sub> y, aunque no se observaron diferencias entre el testigo con los frutos de los tratamientos T2 y T6, sí existen con los tratamientos T3, T4 y T5, pero con una diferencia numérica muy baja.

A los siguientes 10 días a 20°C se mantienen las tasas de producción de CO<sub>2</sub> en todos los tratamientos con diferencias entre el testigo y los frutos de los tratamientos T4 y T5, siendo los frutos del T5 los que presentan la menor tasa de producción de CO<sub>2</sub> y, en general, no se aprecian diferencias significativas entre el tratamiento testigo con la mayoría de los demás tratamientos aplicados con 1-MCP (Cuadro 8).

Durante el PSEV no se aprecia, al igual que a los 45 días, un patrón claro en la inhibición de la tasa de producción de CO<sub>2</sub>. En consecuencia, pareciera que en general los tratamientos con 1-MCP retardaron la manifestación en el alza de la respiración (“peak” climatérico) desde los 45 días de la fruta del tratamiento testigo hasta los 60 días, no teniendo mayor efecto en la magnitud del máximo alcanzado.

Cuadro 8. Tasa de producción de CO<sub>2</sub> en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 60 días de almacenamiento refrigerado a 0°C y PSEV a 20°C.

Tratamientos	Tasa de producción de CO <sub>2</sub>		
	60 días	60+5 días mL*kg <sup>-1</sup> *h <sup>-1</sup>	60+10 días
T1 <sup>1</sup>	26,24 c <sup>2</sup>	24,82 a	25,00 a
T2	29,00 bc	21,97 ab	21,30 abc
T3	30,59 ab	20,56 b	22,00 abc
T4	27,86 bc	20,27 b	20,61 bc
T5	26,28 c	19,05 b	18,16 c
T6	32,71 a	21,90 ab	24,22 ab

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

En la evaluación realizada a los 90 días de almacenamiento refrigerado a 0°C no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Posteriormente, a los 5 días PSEV, bajaron las tasas de producción de CO<sub>2</sub> de los frutos con 1-MCP y el tratamiento testigo, luego la tasa sube levemente a los 10 días a 20°C (Cuadro 9). No se aprecian diferencias estadísticas entre el control y la mayoría de los tratamientos con 1-MCP (excepto para el T3 y T6) a los 5 días de PSEV, sin embargo a los 10 días a 20°C se producen diferencias entre el tratamiento testigo con los demás tratamientos con 1-MCP, siendo la tasa de estos menor, independiente de la cantidad de aplicaciones.

Cuadro 9. Tasa de producción de CO<sub>2</sub> en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 90 días de almacenamiento refrigerado a 0°C y PSEV a 20°C.

Tratamientos	Tasa de producción de CO <sub>2</sub>		
	90 días	90+5 días mL*kg <sup>-1</sup> *h <sup>-1</sup>	90+10 días
T1 <sup>1</sup>	30,61 a <sup>2</sup>	23,19 ab	24,49 a
T2	26,09 a	18,35 bc	16,78 b
T3	27,48 a	17,41 c	17,86 b
T4	27,58 a	22,93 ab	15,38 b
T5	35,77 a	23,54 a	17,45 b
T6	30,06 a	16,97 c	16,41 b

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

A los 120 días a salida de frío se parte con tasas de producción de CO<sub>2</sub> altas y sin diferencias estadísticas entre el testigo y la mayoría de los tratamientos con 1-MCP, sólo apreciándose menores tasas en los frutos de los tratamientos T2 y T3. Luego a los 5 días a 20°C la tasa de los frutos del tratamiento testigo se mantiene, mientras los frutos de los demás tratamientos bajan sus tasas de producción de CO<sub>2</sub> existiendo diferencias estadísticas entre el testigo y los tratamientos con 1-MCP; posteriormente, a los 10 días

el tratamiento testigo baja su tasa junto con los frutos aplicados con 1-MCP sin existir diferencias entre los tratamientos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Tasa de producción de CO<sub>2</sub> en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 120 días de almacenamiento refrigerado a 0°C y PSEV a 20°C.

Tratamientos	Tasa de producción de CO <sub>2</sub>		
	120 días	120+5 días mL*kg <sup>-1</sup> *h <sup>-1</sup>	120+10 días
T1 <sup>1</sup>	33,06 a <sup>2</sup>	33,32 a	14,53 a
T2	27,19 b	21,46 c	14,60 a
T3	27,41 b	23,98 bc	13,62 a
T4	30,41 ab	24,71 bc	17,55 a
T5	32,34 a	28,04 b	16,10 a
T6	29,54 ab	22,29 c	16,93 a

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

Las tasas respiratorias en todas las evaluaciones a salida de frío fueron altas, en comparación con las tasas obtenidas en otras investigaciones (Arpaia *et al.*, 1994); (Becerra, 2005). Estas diferencias pueden ser atribuidas a factores de huerto o ambientales como ha sido observado en otras especies al comparar distintos años (Campos-Vargas *et al.*, 2006). En general la tasa respiratoria de los frutos del tratamiento testigo tiende a ser un poco más alta que los frutos tratados con 1-MCP encontrándose en algunas evaluaciones diferencias estadísticas entre los frutos tratados con 1-MCP y los frutos del tratamiento testigo.

### Período de simulación de exposición y venta (PSEV)

Los frutos fueron mantenidos a 20°C permitiendo que fueran ablandándose en forma individual hasta que alcanzaran una firmeza equivalente a 1 kg-f de firmeza, indicativo de haber alcanzado una condición propia de madurez de consumo. En la Figura 1 se indica el número de frutos que luego de un período determinado de días alcanzaron tal condición. En la evaluación inicial más su periodo de simulación de exposición y venta a 20°C la mayoría de los frutos se ablandaron hasta llegar a madurez de consumo luego de 18 días y sólo unos pocos frutos lo hicieron a los 10 días (Figura 7). Al respecto, Zoffoli *et al.*, (1999) describen que los frutos sin un período de almacenaje en frío no se ablandan normalmente y no desarrollan una textura blanda característica de los kiwis con madurez de consumo.

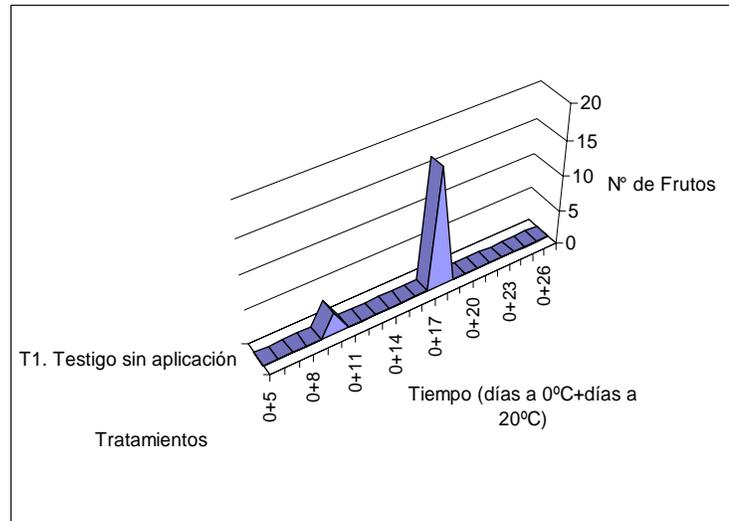


Figura 7. Evolución de obtención de madurez de consumo en la evaluación de llegada más un período de simulación y venta (PSEV)

A los 15 días de salida de frío más el PSEV, la mitad de los frutos del testigo alcanzaron la madurez de consumo a los 11 días luego de estar a 20 °C, y recién a los 20 días se evaluó el resto de los frutos; en el caso de los frutos con 1-MCP del T2 y T3, este período se prolongó por casi 1 mes, evaluándose primero los frutos con una aplicación de 1-MCP (T2) alcanzando la madurez de consumo a los 25 días de estar a 20°C, en el caso de los frutos del tratamiento con dos aplicaciones(T3) alcanzaron la madurez de consumo a los 28 días (Figura 8).

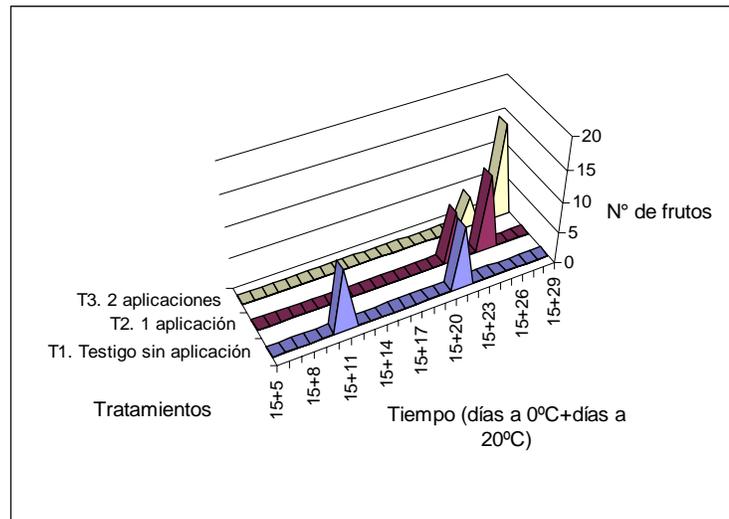


Figura 8. Evolución de obtención de madurez de consumo en período de simulación y venta (PSEV) luego de 15 días de almacenamiento refrigerado.

En el caso del período de simulación de exposición y venta de los frutos almacenados 30 días a 0°C, fueron los frutos del tratamiento testigo los que llegaron antes a la madurez de consumo, evaluándose la mayoría entre los 7 y 9 días; por otra parte, los frutos de los tratamientos con 1-MCP alcanzaron la madurez de consumo casi al mismo tiempo, siendo el último tratamiento en alcanzar la madurez el T5, el cual poseía el mayor número de aplicaciones de 1-MCP (Figura 9)

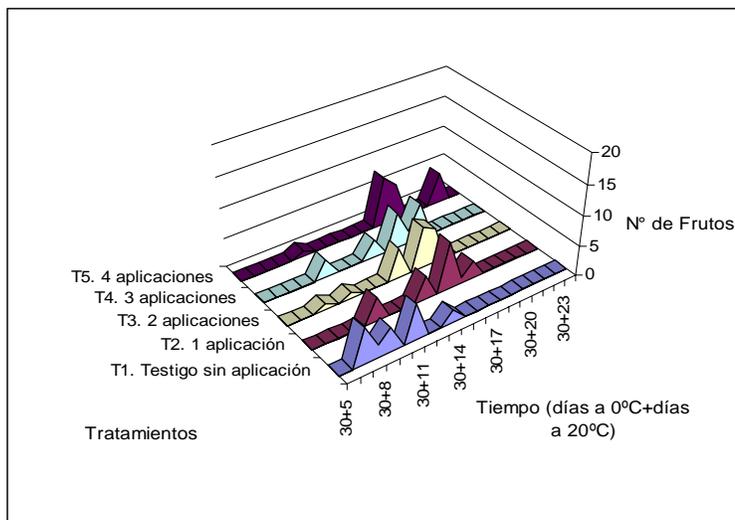


Figura 9. Evolución de obtención de madurez de consumo luego de 30 días de almacenamiento refrigerado en período de simulación y venta (PSEV).

A los 45 días de salida de frío más el PSEV, en el tratamiento testigo, en los primeros 10 días se evaluaron todos los frutos, los frutos de los tratamientos T2, T3, T4 y T5 alcanzaron la madurez de consumo a los 14 días, mientras que los frutos del tratamiento T6 con 5 aplicaciones de 1-MCP fueron madurando paulatinamente a través del PSEV siendo la última evaluación a los 21 días (Figura 10). Esto sugiere la disipación de los efectos de 1-MCP por la síntesis de nuevos receptores (Huber *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2001), incrementando de esta forma la sensibilidad hacia el etileno endógeno (Hewett *et al.*, 1999).

En el caso de los frutos del tratamiento testigo la mayoría alcanzaron la madurez de consumo antes que se produjera la producción autocatalítica o durante la producción autocatalítica de etileno, lo cual concuerda con Zoffoli *et al.*, (1998) y Kim *et al.*, (1999) quienes indican que el aumento en la producción de etileno ocurre en un estado avanzado del desarrollo correspondiendo prácticamente a la condición de consumo (1 kg-f). De la misma forma, Arpaia *et al.* (1994) indican que el incremento de la tasa de producción de etileno no ocurre hasta que el fruto está totalmente maduro.

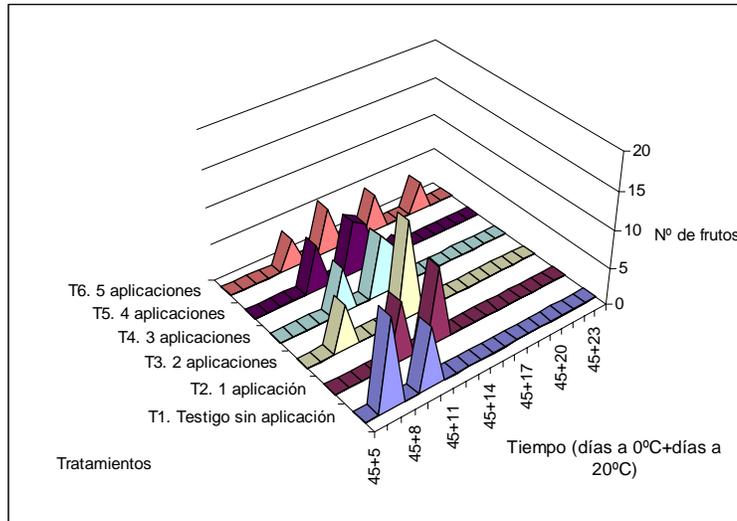


Figura 10. Evolución de obtención de madurez de consumo luego de 45 días de almacenamiento refrigerado en período de simulación y venta (PSEV).

Al igual que los otros períodos, luego de 60 días de almacenamiento refrigerado, los frutos del testigo se ablandaron primero que los frutos tratados con 1-MCP alcanzando la madurez de consumo durante los primeros 8 días de estar a 20°C, los siguientes frutos en madurar fueron los del tratamiento T2 y T3, evaluando la mayoría de los frutos entre los 12 y 14 días; mientras en los casos de los frutos de los tratamiento T4, T5 y T6 la mayoría maduró a los 19 días y no se aprecia una diferencia entre ellos. Sin embargo, esto podría constituir una limitante por el excesivo número de días requeridos para alcanzar la madurez de consumo en los frutos tratados con 1-MCP (Figura 11).

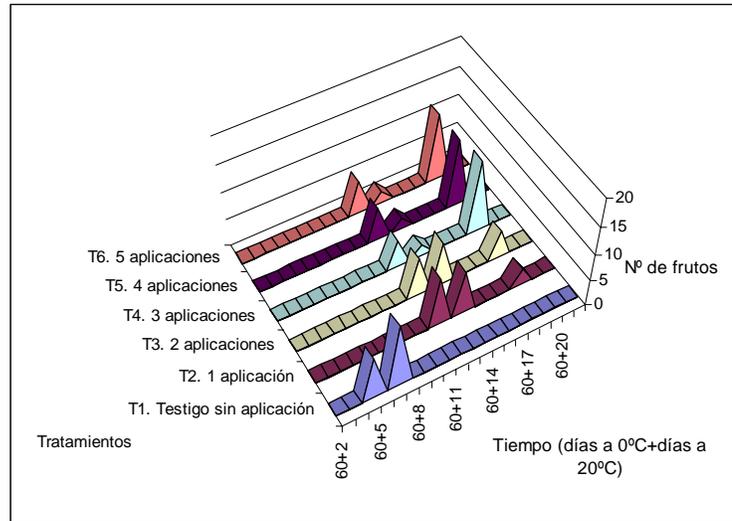


Figura 11. Evolución de obtención de madurez de consumo luego de 60 días de almacenamiento refrigerado en período de simulación y venta (PSEV).

A los 90 días salida de frío más PSEV se repite el comportamiento de la salida anterior, con los frutos del testigo llegando a madurez de consumo antes que los otros frutos que se les aplicó 1-MCP y sin existir diferencias entre los frutos de los distintos tratamientos aplicados con 1-MCP (figura 12).

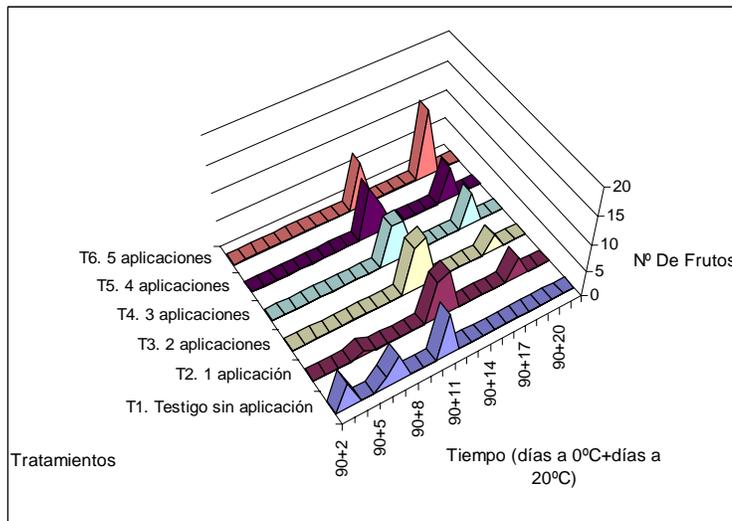


Figura 12. Evolución de obtención de madurez de consumo luego de 90 días de almacenamiento refrigerado en período de simulación y venta (PSEV).

Luego en la última evaluación, a los 120 días de salida de frío más el PSEV, se observó en los frutos del tratamiento testigo que la madurez de consumo se alcanzó a los 5 días a

20°C, los frutos tratados con 1-MCP en todos los tratamientos alcanzaron su madurez empezando a los 12 días y terminando a los 14 días en su totalidad (Figura 13).

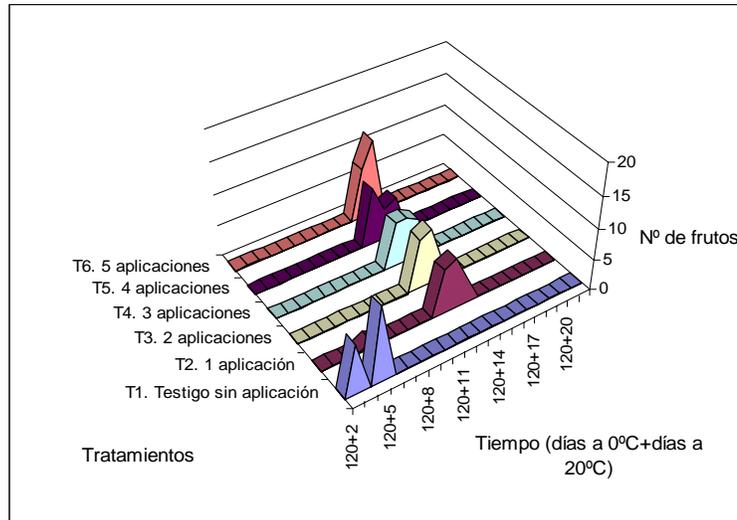


Figura 13. Evolución de obtención de madurez de consumo luego de 120 días de almacenamiento refrigerado en período de simulación y venta (PSEV).

### Columela dura

En el caso de la columela dura, a los 60 días más el período de simulación y venta se comenzó a presentar este desorden fisiológico, aunque en menor grado, incrementándose en las siguientes evaluaciones y sin presentar diferencias estadísticas en ninguna de las evaluaciones. Esto permite concluir que aplicaciones de 1-MCP no tienen relación con la incidencia de este tipo de desorden fisiológico. Por otra parte, Arpaia *et al.*, (1994) mencionan que la colmuela dura se desarrolla alrededor del cuarto mes de almacenamiento, mientras que en el presente estudio apareció este problema ya al segundo mes, indicando una alta propensión de la fruta al desorden (Apéndice IV, Cuadro 1).

## CONCLUSIONES

La aplicación de 1-MCP en kiwi var. Hayward, independiente del número de aplicaciones, retrasa parcialmente, y mayormente sólo en una fase inicial, la pérdida de firmeza durante el almacenaje en frío.

Aplicaciones repetidas de 1-MCP no permiten obtener un mayor efecto de retención de firmeza de los frutos que una sola aplicación inicial en kiwi.

La aplicación de 1-MCP (independiente del número de aplicaciones) tiende a reducir la tasa respiratoria y tasa de producción de etileno, aunque esta reducción se manifiesta mayormente en el período de exposición y venta.

El uso de 1-MCP reduce la pérdida de firmeza de kiwi en el período de simulación de exposición y venta, independiente del número de aplicaciones.

La aplicación de 1-MCP no afecta el comportamiento de la fruta en parámetros como sólidos solubles totales, porcentaje de acidez y ablandamiento de la columela.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abeles, F.B., P.W. Morgan, and M. Saltveit. 1992. Ethylene in Plant Biology. 2<sup>nd</sup> ed. Academia Press, New York, U.S.A. 414p.
- Acevedo, C. 2004. Aplicaciones de 1-MCP y sus efectos en maduración y ablandamiento de frutos de kiwi. Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 46p.
- Arpaia, M.L., F.G. Mitchell, and A.A. Kader. 1994. Postharvest physiology and causes of deterioration. Pp. 88-93. *In*: Hasey, J.K., Johnson, R.S., Grant, J.A. and Reil, W.O. (Eds.). Kiwifruit Growing and Handling. University of California, Division of Agriculture and natural Resources, U.S.A. 134 p.
- Becerra, O. 2005. Evaluación del 1-MCP (1-Metilciclopropeno), como inhibidor de etileno, en la maduración de frutos de kiwi. Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 27p.
- Boquete, E.J., G.D. Trincherro, A.A. Fraschina, F. Vilella, and G.A. Sois. 2004. Ripening of “Hayward” kiwifruit treated with 1-methylcyclopropene after cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 32: 57-65.
- Campos-Vargas, R., Becerra, O., Baeza-Yates, R., Cambiazo, V., González, M., Meisel, L., Orellana, A., Retamales, J., Silva, H. and B.G. Defilippi. 2006. Seasonal effect on chilling injury development in peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) cv O’Henry. *Scientia Horticulturae* 110:79-83.
- Crisosto, C.H. and D. Garner. 2001. 1-MCP inhibits softening during storage. *Perishable Handling Quarterly* 108:19-20.
- De Wild, H.P.J., E.J. Woltering and H.W. Peppelenbos. 1999. Carbon dioxide and 1-MCP inhibit ethylene production and respiration of pear fruit by different mechanisms. *Journal of Experimental Botany* 50:837-844.
- Golding, J.B., D. Shearer, S.G. Wyllie and W.B. McGlasson. 1998. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit.
- González, L. 2003. Efecto de 1-metilciclopropeno (1-MCP) en almacenamiento de frutos de manzano variedad Royal Gala. Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 23 p.
- Hewett, E.W., H.O. Kim and N. Lallu. 1999. Postharvest physiology of kiwifruit: the challenges ahead. *Acta Horticulturae* 498: 203-216.

- Huber, D.J., J. Joeng and L.C. Mao. 2003. Softening during ripening of ethylene-treated fruits in response to 1-methylcyclopropene application. *Acta Horticulturae* 628: 193-202.
- Jones, B., J.C. Pech, M. Bouzayen, J.M. Lelièvre, M. Guis, F. Romojaro and A. Latché. 2001. Ethylene and developmentally-regulated processes in ripening climacteric fruit. *Acta Horticulturae* 553: 133-138.
- Kader, A.A., and R.F. Kasmire. 1984. Effects of ethylene on commodities during postharvest handling. *Outlook on Agriculture*. 11:15-16
- Kader, A.A. 1992. Postharvest technology horticultural crops. Publication 3311, University of California, Dir. Agr. Nat. Resources.296 p.
- Kim, H.O., E.W. Hewett and N. Lallu. 1999. The role of ethylene in kiwifruit softening. *Acta Horticulturae* 498: 255-261.
- Kim, H.O., E.W. Hewett and N. Lallu. 2001. Softening and ethylene production of kiwifruit reduced with 1-methylcyclopropene. *Acta Horticulturae* 553: 167-170.
- Lelièvre, J.M., L. Tichit, P. Dao, L. Fillion, Y-W. Nam, J-C. Pech, and A. Latché. 1997. Effects of chilling on the expression of ethylene biosynthetic genes in Passe-crassane pear (*Pyrus communis* L.) fruit. *Plant Mol. Biol.*33: 847-855.
- MacRae, E.A., N. Lallu, A.N. Searle and J.H. Bowen. 1989. Changes in the softening and composition of kiwifruit affected by maturity at harvest and potted plants. *Acta Horticulturae* 394: 337-345.
- MacRae, E.A. and R. Redgwell. 1992. Softening in kiwifruit. *Postharvest News and Information*. 3(3):49-52
- Manríquez, D., B. Defilippi and J. Retamales. 1999. AVG, an ethylene biosynthesis inhibitor: Its effects on ripening and softening in kiwifruit. *Acta Horticulturae* 498: 263-268
- Menniti, A.M., R. Gregori and I. Donati. 2005. Effect of 1-methylcyclopropene on kiwi fruit softening. *Acta Horticulturae* 682: 2095-2099.
- Nakatsuka A., S. Murachi., H. Okunishi, S. Shiomi., R. Nakano, Y. Kubo and A. Inaba. 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 Physiol.*, 118: 1295-1305.
- Nardin, C. 1990. Fisiología de la maduración y manejo del fruto. *In: Seminario Avances tecnológicos en postcosecha de kiwi: Problemas de ablandamiento, etileno*. Fundación Chile. 132 pp.

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

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

Zacarías, L. y M.T. Lafuente. 1993. Etileno. 343-356. *In: Azcón-Bieto, J. y M. Talón. (Ed.). Fisiología y Bioquímica Vegetal. Interamericana McGraw-Hill, Madrid, España. 581pp.*

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

Zoffoli, J.P., G.F. Gil and C.H. Crisosto. 1999. Low temperature storage enhances subsequent softening of kiwifruit at high temperature. *Acta Horticulturae* 498: 225-230.

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

## APÉNDICE I

Cuadro 1. Sólidos solubles totales en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del período de almacenamiento refrigerado.

Tratamiento	Sólidos solubles						
	0 días	15 días	30 días	45 días	60 días	90 días	120 días
T1 <sup>1</sup>	6,2	8,5 b <sup>2</sup>	10,8 b	12,0 a	12,3 a	13,1 b	13,5 a
T2	-----	9,0 a	10,9 ab	11,8 a	12,2 a	13,1 b	13,1 a
T3	-----	8,4 b	10,7 b	11,9 a	12,2 a	13,5 a	12,8 a
T4	-----	-----	10,6 b	11,8 a	12,5 a	12,8 b	12,7 a
T5	-----	-----	11,5 a	11,8 a	12,2 a	12,7 b	13,4 a
T6	-----	-----	-----	12,1 a	12,5 a	12,8 b	13,2 a

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0.05$ ).

Cuadro 2. Sólidos solubles totales en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después del período de almacenamiento refrigerado más el período de simulación de exposición y venta.

Tratamientos	Sólidos solubles (°Brix)													
	Días en frío + promedio días a 20°C (PSEV)													
	0 días	PSEV	15 días	PSEV	30 días	PSEV	45 días	PSEV	60 días	PSEV	90 días	PSEV	120 días	PSEV
T1 <sup>1</sup>	13,7	18	13,6b <sup>2</sup>	21	13,7a	11	13,8a	10	13,2a	7	13,4b	7	13,8a	5
T2			13,5b	25	13,8a	17	13,5a	13	13,4a	19	14,0b	19	13,6a	14
T3			14,1a	28	13,7a	17	13,6a	13	13,7a	19	14,1a	19	13,7a	14
T4					13,1b	18	13,8a	14	13,6a	19	13,7b	19	13,6a	14
T5					13,9a	18	13,8a	14	13,8a	19	13,3b	19	14,2a	14
T6							13,9a	14	13,8a	19	14,2a	19	14,1a	14

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0.05$ ).

## APÉNDICE II

Cuadro 1. Porcentaje de acidez a salida de almacenamiento refrigerado.

Tratamiento	acidez						
	0 días	15 días	30 días	45 días	60 días	90 días	120 días
	% Acido cítrico						
T1 <sup>1</sup>	2,2	2,1 a <sup>2</sup>	1,9 a	1,4 a	1,1 b	1,2 a	1,1 a
T2	-----	2,3 a	2,0 a	1,4 a	1,3 a	1,1 a	1,0 a
T3	-----	2,2 a	2,0 a	1,4 a	1,1 b	1,1 a	1,1 a
T4	-----	-----	1,9 a	1,4 a	1,2 b	1,1 a	1,0 a
T5	-----	-----	2,0 a	1,5 a	1,1 b	1,0a	1,0 a
T6	-----	-----	-----	1,4 a	1,2 b	1,1 a	1,0 a

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0.05$ ).

Cuadro 2. Porcentaje de acidez después del período de almacenamiento refrigerado más el período de simulación de exposición y venta.

Tratamientos	Acidez (% ácido cítrico)													
	Días en frío + promedio días a 20°C (PSEV)													
	0 días	PSEV	15 días	PSEV	30 días	PSEV	45 días	PSEV	60 días	PSEV	90 días	PSEV	120 días	PSEV
T1 <sup>1</sup>	1,9	18	1,8a <sup>2</sup>	21	1,6a	11	1,3a	10	1,1a	7	1,2a	11	1,1a	5
T2			1,7a	25	1,7a	17	1,4a	13	1,3a	19	1,1a	19	1,1a	14
T3			1,8a	28	1,7a	17	1,5a	13	1,1a	19	1,1a	19	1,1a	14
T4					1,8a	18	1,3a	14	1,2a	19	1,1a	19	1,2a	14
T5					1,7a	18	1,5a	14	1,1a	19	1,0a	19	1,0a	14
T6							1,4a	14	1,2a	19	1,1a	19	1,1a	14

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0.05$ ).

## APÉNDICE III

Cuadro 1. Tasa de producción de etileno en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 15 días de almacenamiento refrigerado.

Tratamientos	Tasa de producción de Etileno			
	0 días	15 días	15+5 días	15+10 días
	$\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$			
T1 <sup>1</sup>	0,17	0,1989 a <sup>2</sup>	10,8682 a	6,4121 a
T2	-----	0,2341 a	0,1632 a	0,2115 a
T3	-----	0,2614 a	0,1484 a	0,2391 a
T4	-----	-----	-----	-----
T5	-----	-----	-----	-----
T6	-----	-----	-----	-----

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

Cuadro 2. Tasa de producción de etileno en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 30 días de almacenamiento refrigerado.

Tratamientos	Tasa de producción de Etileno		
	30 días	30+5 días	30+10 días
	$\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$		
T1 <sup>1</sup>	0,1167 a <sup>2</sup>	0,3020 a	7,2794 a
T2	0,1404 a	0,1383 a	0,1639 a
T3	0,1572 a	0,1450 a	0,1870 a
T4	0,1573 a	0,1163 a	0,1989 a
T5	0,1460 a	0,1420 a	0,1842 a
T6	-----	-----	-----

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

Cuadro 3. Tasa de producción de etileno en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 45 días de almacenamiento refrigerado.

Tratamientos	Tasa de producción de Etileno		
	45 días	45+5 días	45+10 días
		$\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$	
T1 <sup>1</sup>	0,1795 a <sup>2</sup>	0,5697 a	6,4279 a
T2	0,1677 ab	0,2585 b	0,2037 b
T3	0,1234 c	0,1866 b	0,1695 b
T4	0,1514 b	0,2034 b	0,1475 b
T5	0,1555 b	0,1943 b	0,1472 b
T6	0,1695 ab	0,2177 b	0,1835 b

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

Cuadro 4. Tasa de producción de etileno en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 60 días de almacenamiento refrigerado.

Tratamientos	Tasa de producción de Etileno		
	60 días	60+5 días	60+10 días
		$\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$	
T1 <sup>1</sup>	0,0915 a <sup>2</sup>	0,3921 a	1,9648 a
T2	0,1003 a	0,1698 a	0,2138 a
T3	0,1009 a	0,1541 a	0,2157 a
T4	0,0970 a	0,1784 a	0,1812 a
T5	0,0816 a	0,1365 a	0,1667 a
T6	0,0993 a	0,1695 a	0,1662 a

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

Cuadro 5. Tasa de producción de etileno en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 90 días de almacenamiento refrigerado.

Tratamientos	Tasa de producción de Etileno		
	90 días	90+5 días	90+10 días
		$\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$	
T1 <sup>1</sup>	0,2429 a <sup>2</sup>	5,2757 a	2,4219 a
T2	0,1220 a	0,1140 b	0,1193 b
T3	0,1192 a	0,1294 b	0,1459 b
T4	0,1652 a	0,4439 b	0,3957 b
T5	0,1840 a	0,5859 b	0,5762 b
T6	0,1463 a	0,1828 b	0,1865 b

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

Cuadro 6. Tasa de producción de etileno en fruta de kiwi de diferentes tratamientos después de 120 días de almacenamiento refrigerado.

Tratamientos	Tasa de producción de Etileno		
	120 días	120+5 días	120+10 días
		$\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$	
T1 <sup>1</sup>	0,4116 a <sup>2</sup>	3,0763 a	2,8162 a
T2	0,2865 bc	0,1059 b	0,1127 b
T3	0,2855 bc	0,2315 b	0,6087 b
T4	0,2931 bc	0,3938 b	1,1293 b
T5	0,3276 b	0,2646 b	0,1942 b
T6	0,2550 c	0,1108 b	0,0911 b

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

## APÉNDICE IV

Cuadro 1. Promedio de escala de columela dura medida en diferentes períodos de (PSEV).

Tratamiento	Columela													
	Días en frío + promedio días a 20°C (PSEV)													
	0 PSEV	15 PSEV	30 PSEV	45 PSEV	60 PSEV	90 PSEV	120 PSEV							
T1 <sup>1</sup>	1 <sup>3</sup>	18	1a <sup>2</sup>	21	1a	11	1a	10	1,2a	7	1,2a	11	1,6a	5
T2			1a	25	1a	17	1a	13	1,3a	19	1,8a	19	1,8a	14
T3			1a	28	1a	17	1a	13	1,3a	19	1,7a	19	1,5a	14
T4					1a	18	1a	14	1,2a	19	1,6a	19	1,6a	14
T5					1a	18	1a	14	1,3a	19	1,6a	19	1,7a	14
T6							1a	14	1,3a	19	1,4a	19	1,7a	14

<sup>1</sup>T1: sin aplicación, T2: 1 aplicación, T3: 2 aplicaciones, T4: 3 aplicaciones, T5: 4 aplicaciones, T6: 5 aplicaciones

<sup>2</sup>Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ( $p \leq 0.05$ ) según la prueba de S.N.K.

<sup>3</sup>Grado 1: no presenta; grado 2: levemente duro; grado 3: medianamente duro; grado 4: extremadamente duro