

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

Influencia del estado de madurez y de la aplicación de etileno en la conservación postcosecha de mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) var. Clemenules.

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

**Rodrigo Alejandro de Jesús de Praga
Baquedano Santelices**

	Calificaciones
PROFESOR GUÍA	
Julio Retamales Aranda. Ing. Agr. Dr. Sc. Agr.	7,0
PROFESORES CONSEJEROS	
Thomas Fichet Lagos. Ing. Agr. Dr.	6,5
Bruno Razeto Migliaro. Ing. Agr. M. S.	6,3

**Santiago, Chile
2005**

RESUMEN

La desverdización vía etileno gaseoso es una técnica utilizada en mandarina “Clemenules” para completar la coloración cuando ésta, por razones climáticas, no se consigue. De esta forma se evitan los problemas de calidad ligados a senescencia, como granulación y bufado, producidos por madurez avanzada al esperar el desarrollo de color de la fruta en el árbol. El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento y conservación en postcosecha de esta mandarina frente a la aplicación de etileno para desverdización. Esto permitiría determinar si, una vez sometida a este proceso, la fruta llega a la coloración requerida para su comercialización y, a la vez, observar como resiste el proceso de exportación al Hemisferio Norte.

Para la investigación se utilizaron mandarinas “Clemenules” provenientes de la zona de Monte Patria (Valle del Limarí, IV Región), con una relación sólidos solubles-acidez ≥ 9 , clasificadas en 3 estados de madurez, según el color externo que presentaban. La fruta fue tratada con dos dosis de etileno, de 2,5 y 5 ppm, además de un testigo sin aplicación, para cada uno de los tres estados de madurez, resultando en total 9 tratamientos. El etileno fue aplicado mediante el sistema de “flujo continuo”, en cámaras individuales para cada dosis, con una temperatura constante de 22°C durante 24 horas, a 90-95% de humedad relativa y controlando los niveles de CO₂. La fruta fue posteriormente almacenada a 5°C y a 90% de humedad relativa durante 25 y 50 días. Las evaluaciones se efectuaron después de cada salida de frío, y luego mantención a 18°C durante 5 días, simulando el proceso de exposición y venta.

Las aplicaciones de etileno adelantaron la obtención de la coloración comercial, en función del estado de madurez, sin alterar la tasa de producción de etileno ni la tasa respiratoria de los frutos. Asimismo, éstas no determinaron cambios en la evolución de parámetros de calidad interna del fruto, como contenido de sólidos solubles y de acidez (y la relación entre ambas variables), la deshidratación del fruto, su contenido de jugo, además de incidencia de pudriciones. Análogamente, no determinaron diferencias en la incidencia de oleocelosis, granulación y bufado.

Por lo tanto, la desverdización con etileno gaseoso permite adelantar la coloración de la mandarina “Clemenules” provenientes de la zona de Monte Patria, evitando exponer la fruta a problemas de senescencia, y le permite resistir en buena forma un proceso de exportación al Hemisferio Norte.

SUMMARY

Degreening by gaseous ethylene is a technique used in “Clemenules” mandarin to complete the rind coloration when, for climatic reasons, it is not obtained. Thus, quality problems associated to senescence, like granulation and peel puffing, derived from advanced ripening attained by waiting the color development of the fruit in the tree, are avoided. The aim of this investigation was to evaluate the behavior and postharvest life of this fruit following ethylene applications for degreening. This would allow to determine whether, once undergoing such treatments, the fruit can attain the required coloration for adequate commercialization, and, simultaneously, to observe how it will behave regarding the exportation procedures to the North Hemisphere.

For the investigation “Clemenules” mandarins from the Monte Patria area (Limari Valley, IV Region) were used, with a ratio of soluble solids-acidity suitable for consumption and previously classified in 3 ripening stages, according to their external (rind) coloration. The fruit were treated with two ethylene concentrations, 2,5 and 5 ppm, together with a control without application, for each one of the three ripening stages, resulting in a total of 9 treatments. The ethylene was applied using the continuous flow system, in individual gas chambers for each concentration at a constant temperature of 22°C during 24 hours, at 90-95% of relative humidity, and controlling the CO₂ levels inside the chambers. The fruit were subsequently stored at 5°C and 95% relative humidity during 25 and 50 days. The evaluations were made after every period of cold storage, and then after having been kept at 18°C during 5 days simulating shelf life.

The ethylene applications promoted coloration up to reaching what is commercially required, depending on the ripening stage, without altering either the rate of production of ethylene or the rate of respiration of the fruits. Likewise, they did not determine changes in the evolution of internal quality parameters of the fruit, like soluble solids and acid content (and their ratio), fruit water loss, juice content, besides not having effects on rotting. Analogously, they did not determine differences in the incidence of oleocellosis, granulation and peel puffing.

Therefore, degreening with gaseous ethylene foster rind coloration of the “Clemenules” mandarin, avoiding to expose the fruit to senescence problems, and allows it to resist in good form an exportation process to the North Hemisphere.

Palabras clave: Desverdización, flujo continuo, desarrollo de color, frigoconservación, calidad interna, desórdenes fisiológicos.

Key words: Degreening, continuous flow system, color development, cold storage, internal quality, physiological disorders.

INTRODUCCIÓN

Cambio de color en mandarinas

En mandarinas “Clemenules”, la intensidad y uniformidad del color externo constituyen dos de los parámetros de calidad más importantes para el consumidor a la hora de realizar una compra (Salvador *et al*, 2002).

El cambio de color, que tiene lugar durante la última etapa de crecimiento de los cítricos, es favorecido por las condiciones templadas, con temperaturas frescas en la noche (7-6°C), que al contrastar con las temperaturas todavía calurosas de la mañana, inducen la formación de etileno endógeno, produciéndose la pigmentación de la cáscara (Zaragoza, 1997). El color del flavedo (exocarpo) del fruto, evoluciona desde el verde intenso inicial, por un lado, hacia el amarillo (debido a la degradación de la clorofila) y por otro, hasta el naranja más o menos rojizo, en función de la variedad y del tipo de carotenoides que ésta sea capaz de sintetizar, en las condiciones climáticas en que se produce la evolución (Cuquerella *et al.*, 2004).

Cuando las condiciones de bajas temperaturas, requeridas para inducir estos cambios de color no son lo suficientemente frecuentes, los frutos cítricos completan la madurez interna antes de lograr la coloración de la cáscara o flavedo, lo que obliga a esperar que aumente el grado de coloración de la fruta en el árbol, antes de la recolección. Este retardo en iniciar la cosecha puede ir en desmedro de la calidad interna de la fruta, por senescencia, pérdida de acidez, desarrollo de bufado y pérdida progresiva de jugo (granulación), como asimismo dejar expuesta la fruta a lluvias tempranas que afecten su apariencia y, que a la vez, dificultan la labor de cosecha. Se ha demostrado que una recolección tardía en cítricos puede redundar en el desarrollo de desórdenes asociados a la senescencia que se manifiestan con más intensidad en el mercado, aunque la fruta haya sido manipulada cuidadosamente (Zaragoza, 1997).

Desórdenes fisiológicos asociados a la mandarina “Clemenules”

Oleocelosis

Este desorden corresponde a una alteración relacionada a golpes y manejo poco cuidadoso de los frutos durante la recolección o postcosecha, que puede dar lugar a la ruptura de las células que rodean las cavidades de aceite esencial y a la salida de éste, dañando los tejidos a su alrededor, especialmente en frutos turgentes (Arpaia y Kader, 2002). Las células epidérmicas colapsan, llenándose su lumen por un gran cloroplasto que contiene altas cantidades de clorofila, responsable de las manchas verdes que aparecen en las zonas

afectadas después de que el fruto cambia de color (Agustí, 2000). El mismo autor señala que el rocío, humedades relativas elevadas, temperaturas altas, alteraciones del estado nutricional, ataques de insectos y cambios bruscos de la temperatura de almacenamiento provocan un desarrollo rápido de esta alteración durante la post-recolección.

Bufado

El problema de bufado se origina cuando el fruto madura y se produce una separación de la corteza y la pulpa, apareciendo grietas en el albedo (parte interna de la cáscara, de color blanco), que se vuelve esponjoso. En la mandarina “Clemenules” aparece al mantener los frutos sobremaduros en el árbol, y es únicamente consecuencia de la contracción de la pulpa debido a la pérdida de zumo (jugo) que sufren los frutos, muy importante en esta variedad (Almela, 1991). Esta alteración aumenta rápidamente durante el cambio de color del fruto y alcanza al mayor número de frutos pocos días después del virado total de color, haciéndose el bufado cada vez más evidente (Agustí, 2000). El eje central se ablanda o incluso, se ahueca. Por su parte, disminuye el contenido de jugo. Este a su vez se torna insípido, debido a una baja excesiva en su acidez, y generalmente aparecen sabores y aromas distintos a los que presenta el fruto recién maduro (Razeto, 1987).

Granulación

También llamada secado del fruto, se manifiesta como un endurecimiento y gelificación de las vesículas de jugo, que se tornan pálidas, secas y en ocasiones colapsadas (Ortúzar *et al.*, 1999). Esto debido a la separación de células en estas vesículas, permitiendo la penetración del aire, que les confiere un aspecto blanquecino, a la vez que engruesa y endurece sus paredes celulares (Agustí, 2000). El problema está asociado a una avanzada madurez en la fruta a medida que se retrasa la cosecha (Arpaia, 1999), y se ha comprobado que ocurre con mayor frecuencia en árboles jóvenes, en frutos de mayor tamaño y en suelos con elevado nivel de humedad (Razeto, 1987).

La desverdización del fruto

La desverdización es una práctica de utilidad para uniformar y hacer coincidir la coloración externa de la fruta con la madurez interna, cuando esta condición, por razones climáticas, no se consigue y es ampliamente usada en países exportadores de cítricos como España y Argentina. Mediante esta técnica post-recolección se acelera, a través de la aplicación de etileno, el proceso de cambio de color de la piel del fruto (Larrigaudiere y Pons, 2001). Se basa en el hecho de que las variedades tempranas de cítricos alcanzan valores suficientemente elevados en cuanto a su contenido en azúcares y componentes aromáticos, y reducidos en acidez, para que sean agradables al paladar antes de alcanzar la plena coloración externa del fruto (Salvador *et al.*, 2002).

La práctica de la desverdización sólo puede hacerse cuando existan las condiciones de calidad de madurez que aseguren la aceptabilidad del consumidor; de no hacerse, se atenta contra el prestigio de la industria citrícola chilena (Zoffoli, 1999). El fruto es recolectado verde y tratado con etileno gaseoso en cámaras especialmente diseñadas. En el proceso de maduración externa se produce, por una parte, la degradación de clorofilas, y por otra, la síntesis de carotenoides. Ambos procesos son independientes entre sí y sometidos a controles distintos (Saltveit, 1999; Agustí, 2000).

En Chile, esta técnica se viene utilizando desde hace años, tanto en limones como naranjas y mandarinas. Sin embargo, entre las exportadoras no existe consenso sobre el grado de coloración que debe tener la mandarina “Clemenules” al momento de cosecha, ni tampoco sobre la duración de la desverdización para evitar los eventuales daños que el etileno puede producir a esta fruta.

Condiciones de cámara en desverdización

La temperatura óptima de degradación de clorofila es de 28°C, y la de carotenogénesis (síntesis de carotenoides) de 18°C, deteniéndose la primera a 40°C y la segunda a 35°C (Zaragoza, 1997). En la práctica, se aconseja una temperatura entre 18 y 24°C, lo que promueve una aceptable velocidad de desverdización, da lugar a una tasa respiratoria reducida y es compatible con la carotenogénesis (Agustí, 2000).

En los frutos no climatéricos, el etileno acelera la actividad respiratoria, dependiendo de la magnitud del incremento de la concentración de etileno a la que se hayan visto expuestos. Asimismo, es posible observar aumentos en la actividad respiratoria más de una vez en este tipo de frutos (Wills *et al.*, 1998).

Con el incremento de la respiración aumenta la concentración de CO₂ en la cámara, gas que debe controlarse por ser antagonista del etileno y ralentizar su acción (Zaragoza, 1997). Su presencia reduce notablemente la desverdización, por lo que las concentraciones de CO₂ se deben mantener por debajo del 0,2% (Arpaia, 1998). El aumento del CO₂ no debe evitarse reduciendo la concentración de oxígeno. En efecto, ésta debe situarse a un nivel que garantice una cierta tasa respiratoria en el fruto; si el O₂ disponible disminuye, la respiración es vía anaerobiosis, produciendo sustancias volátiles responsables de un mal sabor del fruto. Por otra parte, la degradación de clorofilas y la carotenogénesis son procesos oxidativos, por lo que una concentración adecuada de O₂ (18 %) debe estar garantizada (Agustí, 2000).

Entre los distintos sistemas de desverdización, actualmente se considera que el sistema de flujo continuo es el que mejor permite controlar todas estas variables (Salvador *et al.*, 2002). Consiste en la inyección continua, en la cámara, de una mezcla de gases que garantice las concentraciones de etileno, de O₂ y de CO₂ deseadas (Cuquerella *et al.*, 1999). Junto a esto se debe mantener la humedad relativa lo más alta posible, en el rango de 90-95%, de

manera de evitar la deshidratación y la aparición de alteraciones fisiológicas en la corteza del fruto (Martínez-Jávega *et al.*, 2001).

La duración del proceso varía desde 24 a 72 horas. Períodos de aplicación más largos pueden aumentar la deshidratación y daños diversos a la cáscara y cáliz del fruto, además de aumentar las pudriciones (Davies y Albrigo, 1994).

Aplicación de etileno y posibles efectos en cítricos

Aunque existen evidencias que relacionan aplicaciones de etileno con inducción de senescencia en frutas cítricas, antecedentes recientes indican que aplicaciones postcosecha de etileno gaseoso podrían reducir la incidencia de daños no ligados a frío en naranjas Navelinas, como es el caso de manchas de la piel (“rindstaining”) (Alfárez *et al.*, 2003; Sala y Lafuente, 2004). Igualmente, se han descrito problemas de daños en la cáscara en el caso de naranjas Navelate tratadas con etileno, que se han relacionado con pérdidas de agua desde la fruta (Agustí *et al.*, 2001).

Wheaton y Stewart, (1973) y Reid (1972; citado por Hyodo 1981), señalan que el etileno aumenta la abscisión del cáliz o roseta. Agustí (2000) indica que concentraciones superiores a 10ppm promueven la caída del cáliz.

Frigoconservación

Uno de los problemas clave en la conservación de los cítricos es la pérdida de agua del fruto tras su recolección. Las bajas temperaturas y una humedad relativa alta reducen la transpiración y retardan la senescencia, a la vez que reducen la germinación de esporas y el desarrollo de patógenos (Agustí, 2000). La mandarina “Clemenules”, al ser de origen subtropical, presenta especial susceptibilidad a las bajas temperaturas. Debido a esto, la temperatura recomendada para evitar la aparición de alteraciones durante la frigoconservación de clementinas es entre 4 y 5 °C y, la humedad relativa debe ser del 90%, manteniendo su vida útil durante 6 a 10 semanas de almacenamiento (Martínez-Jávega, 1995). Temperaturas más bajas pueden causar daño (“chilling injury”) a la piel (moteado) y disminución del sabor (Lizana, 1996), además de un pardeamiento superficial marrón, seguido por un aumento en la susceptibilidad a las podredumbres (Arpaia y Kader, 2000).

Hipótesis

En la zona de Monte Patria y El Palqui (Valle del Limarí, IV Región), donde las condiciones climáticas que favorecen la coloración no son frecuentes, las mandarinas “Clemenules” completarían la madurez interna antes de lograr la coloración de la cáscara o flavedo. Este estado de madurez sería suficiente para lograr el completo desarrollo de color si se utiliza desverdización vía etileno gaseoso. De esta forma se evitarían los problemas de calidad ligados a senescencia, como granulación y bufado, producidos al esperar el desarrollo de color de la fruta en el árbol. Una vez sometida a este proceso, la fruta sería capaz de resistir, en buena forma, el proceso de exportación al Hemisferio Norte.

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento y conservación postcosecha de la mandarina “Clemenules” sometida a desverdización, cosechada en tres distintos estados de madurez externa y tratada con diferentes concentraciones de etileno aplicado vía gaseosa en cámaras.

MATERIALES Y MÉTODO

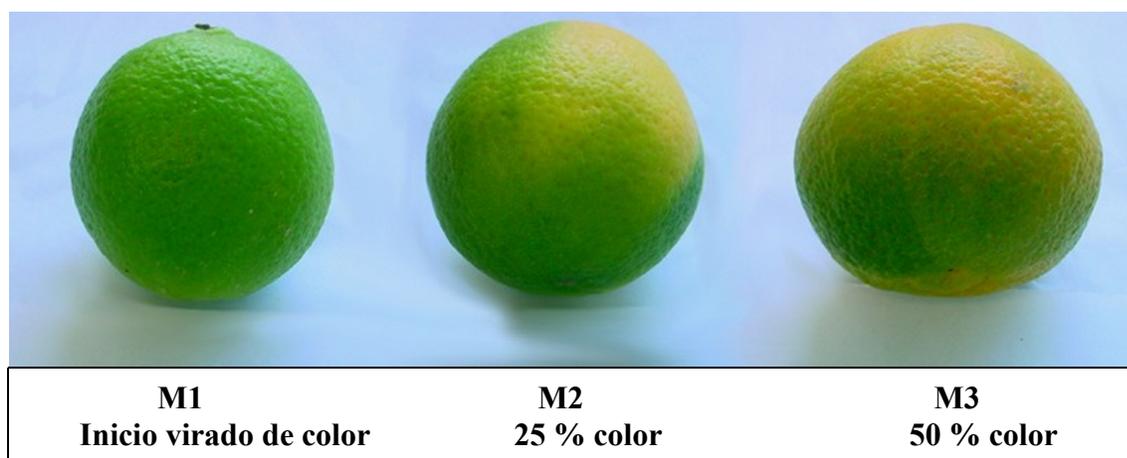
Este ensayo se llevó a cabo en el Laboratorio de Postcosecha del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), La Platina, Región Metropolitana, durante los meses de mayo y julio de 2004.

Se utilizó fruta proveniente de árboles de mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) variedad “Clemenules” injertados sobre Troyer, de 11 años de edad. El huerto (Fundo La Palma, Agrícola Punitaqui) se encuentra ubicado en Monte Patria, Valle del Limarí, IV Región.

La recolección de la fruta se realizó en el mes de mayo, mediante un sistema de cosecha dirigida, seleccionando sólo frutos de tamaño de exportación y provenientes de un sector homogéneo del huerto. Inmediatamente posterior a la cosecha, se le aplicó el fungicida Tiabendazole, con una concentración de 1600 ppm, formulado en 350 mL de producto comercial (Tecto) por 100 litros de agua, durante 25 segundos mediante la técnica conocida como “drencher”, para luego someterla a 24 horas de curado a temperatura ambiente.

Estos frutos fueron clasificados en 3 estados de madurez, según el color externo que presentaban (Figura 1).

Figura 1. Estados de madurez de frutos (M1, M2 y M3) utilizados en el ensayo.



Una vez en el laboratorio, la fruta fue sometida al tratamiento de desverdización, con dos dosis de etileno, de 2,5 y 5 ppm, más un tratamiento testigo sin aplicación, para cada uno de los tres estados de madurez, resultando en total 9 tratamientos (Cuadro 1). El producto comercial utilizado fue etileno, aplicado mediante gasificación en sistema de flujo continuo, en cámaras individuales para cada dosis, con una temperatura constante de 22°C durante 24 horas. La humedad relativa se mantuvo alrededor del 90-95%, y el control de los niveles de CO₂ se hizo disponiendo recipientes con cal dentro de las cámaras.

Cuadro 1. Tratamientos y evaluaciones de mandarina “Clemenules” para los distintos tratamientos de desverdización con etileno postcosecha.

Tratamiento	Dosis de C ₂ H ₄ (ppm)	Estado de madurez	Períodos de almacenamiento (días a 5°C)	Evaluaciones
T1	0	M1	25 y 50	SF ¹ ; SF + 5 DSEV ²
T2	2,5	M1	25 y 50	SF; SF + 5 DSEV
T3	5	M1	25 y 50	SF; SF + 5 DSEV
T4	0	M2	25 y 50	SF; SF + 5 DSEV
T5	2,5	M2	25 y 50	SF; SF + 5 DSEV
T6	5	M2	25 y 50	SF; SF + 5 DSEV
T7	0	M3	25 y 50	SF; SF + 5 DSEV
T8	2,5	M3	25 y 50	SF; SF + 5 DSEV
T9	5	M3	25 y 50	SF; SF + 5 DSEV

1/ SF = Salida de frío.

2/ DSEV= Días de simulación de exposición y venta.

Luego de la aplicación de etileno, la fruta fue almacenada a 5°C y 90% de humedad relativa, por periodos de 25 y 50 días, representativos de exportación a mercados del Hemisferio Norte, como Estados Unidos y Japón, respectivamente. Luego de cada período señalado, un grupo de fruta fue evaluado a salida de frío, mientras que otro grupo de fruta fue llevado a una cámara a 18-20°C, para ser evaluados luego de 5 días de simulación de exposición y venta (5 DSEV). Se contó con 4 repeticiones por tratamiento al momento de cada evaluación, evaluando 20 frutos por repetición.

Variables medidas antes de la aplicación de etileno

Tasa de producción de etileno

Se determinó sobre 4 frutos por repetición, manteniéndolos a 20°C dentro de un frasco hermético de volumen conocido, durante el tiempo suficiente para acumular etileno detectable (superior a 0,3 ppm). Mediante una jeringa de 1 mL, se extrajo aire del interior del frasco a través de una septa de goma dispuesta en la tapa de cada uno. La determinación de etileno fue realizada mediante un cromatógrafo de gases marca Shimadzu, modelo GC-8A, equipado con columna de vidrio Porapak Q y detector de ionización de llama (FID), expresando los resultados en μL de C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹.

Tasa respiratoria

Se determinó en muestras de aire de los mismos frascos utilizados para la determinación de etileno, extrayendo 10 mL de aire a través de una jeringa, el que luego fue inyectado a un equipo medidor de oxígeno y anhídrido carbónico marca PBI Dansensor Checkmate 9900. Los resultados se expresaron en mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

Sólidos solubles

Se midió sobre una muestra compuesta de 12 frutos, con un refractómetro marca Atago termocompensado graduado de 0 a 32%. Sus resultados se expresaron en °Brix.

Acidez total titulable

Se determinó a través de titulación con NaOH 1N, realizada sobre una muestra de 1mL del jugo proveniente de 12 frutos de cada repetición, el que fue diluido en 9 mL de agua destilada. Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido cítrico.

Relación sólidos solubles-acidez

Se determinó a través del cociente entre °Brix y porcentaje de acidez total titulable.

Pérdida de peso

Se midió sobre 10 frutos por tratamiento, previamente marcados, pesados en cada evaluación mediante una balanza digital. Se dispuso de 2 grupos de frutos homogéneos entre sí para cada período de frigoconservación, de manera de no alterar los resultados luego del primer período de simulación de exposición y venta. Los resultados fueron expresados en porcentaje de pérdida de peso.

Contenido de jugo

Se determinó a través de la relación entre el peso del jugo extraído sobre el peso total de la fruta. El jugo fue extraído a 12 frutos por repetición mediante un exprimidor eléctrico. Los resultados fueron expresados en porcentaje de jugo.

VARIABLES MEDIDAS DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE ETILENO

Cada evaluación se realizó después de todas las salidas de frío a 5°C y después de 5 DSEV. Las siguientes variables fueron medidas utilizando la misma metodología descrita para las evaluaciones realizadas antes de la aplicación: tasa de producción de etileno, tasa respiratoria, sólidos solubles, acidez, relación sólidos solubles-acidez, contenido de jugo, pérdida de peso del fruto y condición del cáliz.

Además de las variables mencionadas, se midieron los parámetros descritos a continuación:

Color

El grado de coloración fue determinado mediante apreciación visual, mediante una escala de colores de 1 a 5 (Figura 2).

Figura 2. Escala de colores para mandarina “Clemenules” para los distintos tratamientos de desverdización con etileno postcosecha.



Daño por hongos

Se midió mediante apreciación visual, observando si existió o no presencia de pudriciones en los frutos luego de cada evaluación.

Desórdenes fisiológicos

Se determinó sobre frutos individuales, evaluando la incidencia de bufado, oleocelosis y granulación, a través de apreciación visual, observando si existió o no presencia de estos defectos en los frutos luego de cada evaluación.

Condición de la roseta

Se evaluó sobre frutos individuales, observando, en primer lugar, la presencia o ausencia del cáliz en cada fruto, y en segundo lugar, el grado de deshidratación y/o pardeamiento de la roseta al momento de cada evaluación.

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con nueve tratamientos, a partir de 3 estados de madurez (M1, M2 y M3) y 3 dosis de aplicación de etileno (0, 2,5 y 5 ppm). Se hicieron 4 repeticiones por cada tratamiento y la unidad experimental correspondió a distinto número de frutos según las determinaciones.

Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza, y en caso de existir diferencias significativas entre los tratamientos, se separaron utilizando la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tasa de producción de etileno

De acuerdo a lo esperado, antes de la aplicación de etileno, las tasas de producción de etileno de la fruta fueron bastante bajas, no existiendo diferencias significativas entre los estados de madurez (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tasa de producción de etileno de mandarina “Clemenules” para los distintos tratamientos de desverdización con etileno ($\mu\text{L de C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$).

Tratamiento	Tasa de producción de etileno			
	Antes de aplicación	25 días refrigeración y 5 DSEV	50 días refrigeración y 5 DSEV	
$\mu\text{L de C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$				
M1, 0ppm	T1	0,05 a	0,19 a	0,06 a
M1; 2,5ppm	T2		0,18 a	0,00 a
M1; 5ppm	T3		0,21 a	0,08 a
M2; 0ppm	T4	0,04 a	0,17 a	0,00 a
M2; 2,5ppm	T5		0,18 a	0,10 a
M2; 5ppm	T6		0,26 b	0,13 b
M3; 0ppm	T7	0,05 a	0,20 a	0,14 b
M3; 2,5ppm	T8		0,16 a	0,00 a
M3; 5ppm	T9		0,21 a	0,00 a

1/Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos para un mismo momento de evaluación ($\alpha > 0,05$).

Después de 25 días de almacenamiento refrigerado y 5 DSEV, se observa un alza en la producción de etileno con respecto a la primera medición, sin definirse diferencias entre los tratamientos. Algo análogo sucede al evaluar a los 50 días de refrigeración más 5 DSEV, en que la producción de etileno vuelve a bajar a niveles muy similares a los iniciales, sin observarse un patrón consistente producto de la aplicación de niveles diferenciales de etileno ni del estado de madurez inicial. Este comportamiento resulta explicable, porque, a diferencia de los frutos climatéricos, los cítricos en postcosecha producen sólo una pequeña cantidad de etileno y éste no está asociado a un aumento en respiración (Hyodo, 1981). Análogamente, Schiffmann-Nadel (1977) determinó que en clementinas la evolución de etileno es muy baja.

Tasa respiratoria

Antes de la aplicación de etileno, la fruta de los tres estados de madurez no muestra diferencias significativas en su nivel de respiración (Cuadro 3), concordando con las respectivas tasas de producción de etileno. En clementinas, que tienen una corta vida en almacenaje postcosecha, no hay diferencias significativas en los rangos de respiración entre frutos cosechados en distintas etapas de madurez, y la evolución de etileno es muy baja (Schiffmann-Nadel, 1977).

A los 25 días de almacenaje refrigerado más 5 DSEV, sólo la fruta del estado de madurez M3, sin aplicación de etileno (T7), presentó mayor tasa respiratoria. Sin embargo, al no presentar resultados consistentes en el resto de las mediciones, no existen antecedentes como para atribuir tal comportamiento al estado de madurez o a la aplicación de etileno.

Cuadro 3. Tasa respiratoria de mandarina “Clemenules” para los distintos tratamientos de desverdización con etileno ($\mu\text{L de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$).

Tratamiento	Tasa respiratoria			
	Antes de aplicación	25 días refrigeración y 5 DSEV	50 días refrigeración y 5 DSEV	
$\mu\text{L de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$				
M1, 0ppm	T1	14,96 a	16,52 a	10,14 ab
M1; 2,5ppm	T2		15,22 a	10,04 ab
M1; 5ppm	T3		15,32 a	11,33 bc
M2; 0ppm	T4	11,67 a	16,01 a	9,57 a
M2; 2,5ppm	T5		15,39 a	9,64 ab
M2; 5ppm	T6		17,16 a	12,84 cd
M3; 0ppm	T7	13,17 a	21,23 b	10,37 ab
M3; 2,5ppm	T8		16,93 a	10,83 ab
M3; 5ppm	T9		16,96 a	13,50 d

1/Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos para un mismo momento de evaluación ($\alpha > 0,05$).

En general, la tasa respiratoria mostró niveles muy parecidos a los niveles basales en todas las mediciones. Solamente a los 50 días de frigoconservación + 5 DSEV se observa que los frutos de los tratamientos T6 y T9 tuvieron una producción de CO_2 significativamente mayor, mientras que para el resto de los tratamientos no mostró diferencias. A pesar de estos últimos resultados, no se observó un patrón de comportamiento definido respecto de la aplicación de etileno y el estado de madurez sobre la tasa respiratoria.

Evolución del color

En el cuadro 4 se observa el efecto de la aplicación de etileno en frutos de mandarina var. Clemenules, cosechados en tres estados de madurez, M1, M2 y M3 (Figura 1), sobre el desarrollo de color tras dos períodos de 25 y 50 días, representativos de exportación a Estados Unidos y Japón, respectivamente.

Cuadro 4. Evolución del color en mandarinas “Clemenules” para los distintos tratamientos de desverdización con etileno (escala de 1 a 5).

Tratamiento	Color			
	25 días a 5°C.	25 días a 5°C + 5 DSEV	50 días a 5°C.	50 días a 5°C + 5 DSEV
Grado de coloración (1-5)				
M1, 0ppm T1	2,5 a	2,6 a	3,7 a	3,8 a
M1; 2,5ppm T2	3,2 b	3,3 b	4,1 b	4,0 b
M1; 5ppm T3	3,9 d	4,0 d	4,3 c	4,4 c
M2; 0ppm T4	3,2 c	3,6 c	4,4 d	4,5 d
M2; 2,5ppm T5	4,6 f	4,7 f	4,9 f	5,0 f
M2; 5ppm T6	4,7 g	4,8 g	4,9 f	5,0 f
M3; 0ppm T7	4,5 e	4,6 e	4,8 e	4,9 e
M3; 2,5ppm T8	4,7 g	4,8 g	4,9 f	5,0 f
M3; 5ppm T9	4,7 g	4,9 h	5,0 f	5,0 f

1/Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos para un mismo momento de evaluación ($\alpha > 0,05$).

Como se observa, a pesar de la aplicación de etileno, que fue efectiva en promover desarrollo de color, en este ensayo el estado de madurez M1 no fue apto para obtener coloración aceptable comercialmente, esto es valores cercanos a 5 (Figura 2). Martínez-Jávega *et al.*, (2001), advierte que en mandarinas, si el color inicial es insuficiente, no se llega a una tonalidad comercial. Esto se explicaría por la ausencia de suficientes precursores de carotenoides al cosechar con mucho color verde, los que sólo se van acumulando conforme avanza la maduración en el árbol, por lo que los frutos de naranjas y mandarinas en esta condición sólo logran un color amarillento luego de la degradación de la clorofila. (Ortúzar *et al.*, 1999).

Luego de 25 días de refrigeración + 5 DSEV, la fruta del estado de madurez M2, con 2,5ppm de etileno (T5), logra una coloración más alta que la obtenida por la del T4, esto es sin aplicación de etileno. Esto indica que para obtener una buena coloración con fruta del estado de madurez M2, se requiere aplicar etileno.

Luego de 50 días de conservación + 5 DSEV, los frutos de T5 y T6 aumentan su color hasta llegar al grado de coloración 5, y entre ellos no muestran diferencias significativas, lo que indicaría que el estado de madurez M2 es suficiente para llegar a la coloración comercial, especialmente para períodos largos de conservación y que, además, no hay diferencia entre aplicar 2,5 y 5 ppm al estado de madurez M2 para una adecuada desverdización.

Como se observa, la fruta del estado de madurez M2, a diferencia de la de M1, sí es capaz de llegar a cantidades aceptables de coloración comercial con desverdización por etileno. Esto ratifica lo indicado por Davies y Albrigo (1994), quienes afirman que los frutos cítricos que han logrado el quiebre de color se desverdizan más rápido que aquellos de color verde intenso.

Sin aplicar etileno, y luego de 25 días de refrigeración + 5 DSEV, la fruta del estado de madurez M3 (T7) logra una coloración menor a la obtenida por la fruta del M2 aplicada con 5 ppm de etileno (T6), indicando que aún en M3 existe un efecto deseable de aplicación de etileno en desarrollo de color. Esto implicaría, que tal estado de madurez no es lo suficientemente avanzado como lo propuesto por Martínez-Jávega *et al.* (2001), quienes indican que en mandarinas, partiendo de un índice de color adecuado, incluso podría evitarse el tratamiento con etileno.

La fruta del estado de madurez M3, con 2,5ppm de etileno, no muestra diferencias con T6, que fue aplicado con 5 ppm de etileno (M2). Esta situación se repite en todas las evaluaciones, logrando ambos la coloración comercial. Esto indica que a mayor estado de madurez se puede utilizar menos etileno, para llegar a un color determinado. Esto sería positivo ya que, según Cuquerella *et al.* (2004), siempre será menos contraproducente aumentar la duración del proceso que incrementar la concentración de etileno.

La fruta de T9, con 5ppm de etileno, obtuvo las mayores cantidades de fruta con desarrollo total de color (“full color”) en las dos etapas de simulación de exposición y venta (Apéndice I). Esto ratificaría lo indicado por Salvador *et al.* (2002) y Jiménez-Cuesta *et al.* (1981), quienes observaron una tendencia a alcanzar mayores niveles de coloración luego del desverdizado, cuanto mayor es la coloración de cosecha de las mandarinas “Clemenules”.

Sólidos solubles

En la cosecha, el estado de madurez M2 presentó la mayor cantidad de sólidos solubles, mientras que los estados M1 y M3 mostraron un menor nivel en esta variable, aunque sin diferencias entre sí (Cuadro 5). Esto confirmaría que el estado de madurez M1 alcanza a desarrollar el mismo nivel de azúcares que M3 sin el desarrollo de color que tiene este último, lo que coincide con lo expuesto por Cohen (1981) y Ortúzar *et al.* (1999), quienes indican que en satsumas y clementinas, muchas veces la madurez interna se anticipa al desarrollo del color.

Cuadro 5. Concentración de sólidos solubles en mandarinas “Clemenules” para los distintos tratamientos de desverdización con etileno (grados Brix).

Tratamiento	Concentración de sólidos solubles				
	Antes de aplicación	25 días a 5°C.	25 días a 5°C + 5 DSEV	50 días a 5°C.	50 días a 5°C + 5 DSEV
	° Brix				
M1; 0ppm T1	10,0 a	10,5 a	10,9 a	10,9 ab	11,2 cd
M1; 2,5ppm T2		10,7 a	10,5 a	11,0 ab	11,1 cd
M1; 5ppm T3		10,8 a	11,0 a	10,8 ab	10,9 cd
M2; 0ppm T4	11,0 b	10,4 a	10,7 a	11,1 bc	11,4 d
M2; 2,5ppm T5		11,2 a	10,7 a	11,4 c	11,4 d
M2; 5ppm T6		10,1 a	10,3 a	10,7 a	10,3 ab
M3; 0ppm T7	10,4 a	10,7 a	11,0 a	11,1 bc	10,7 bc
M3; 2,5ppm T8		10,9 a	11,1 a	10,8 ab	10,2 ab
M3; 5ppm T9		10,4 a	10,8 a	10,9 ab	11,0 cd

1/Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos para un mismo momento de evaluación ($\alpha > 0,05$).

Al igual que lo señalado por Schiffmann-Nadel (1977), Martínez-Jávega (1995), Ortúzar *et al.* (1999) y Plaza *et al.* (2004), en desverdización de mandarinas, el nivel de sólidos solubles fue estable a través de la totalidad del ensayo, manteniéndose con variaciones dentro del mismo rango de la primera medición (entre 10 y 11,4 grados Brix), sin observarse tratamientos que hayan aumentado o variado drásticamente esta variable. Aparentemente, el contenido de azúcares no habría sido alterado por los estados de madurez evaluados o por la aplicación de etileno en la desverdización, lo que coincide con los resultados obtenidos por Wheaton y Stewart (1973) y por Arpaia y Kader (2000) en desverdización de frutos cítricos.

Acidez

Al momento de la cosecha, el estado de madurez M1 mostró el mayor nivel de ácidos, mientras que M2 y M3 presentaron menor acidez, indicando un comportamiento diferente en acidez total titulable respecto a la acumulación de sólidos solubles (Cuadro 6). A pesar de estas diferencias, los tres estaban dentro de los rangos de acidez utilizados actualmente como parte del índice de cosecha. Idealmente la fruta debería tener niveles de acidez entre 1,2 y 0,7% al momento de consumo, dependiendo del nivel de azúcar (Ortúzar, 1999).

Cuadro 6. Evolución del contenido de ácido cítrico en mandarinas “Clemenules” para los distintos tratamientos de desverdización con etileno (porcentaje de ácidos).

Tratamiento	Contenido de ácido cítrico				
	Cosecha	25 días a 5°C.	25 días a 5°C + 5 DSEV	50 días a 5°C.	50 días a 5°C + 5 DSEV
	%				
M1; 0ppm T1	1,109 c	0,958 c	0,942 e	0,86 bcd	0,779 bcde
M1; 2,5ppm T2		0,902 bc	0,891 bcde	0,86 bcd	0,834 e
M1; 5ppm T3		0,946 c	0,938 e	0,83 bc	0,811 cde
M2; 0ppm T4	0,986 b	0,936 c	0,917 de	0,89 d	0,815 de
M2; 2,5ppm T5		0,923 bc	0,904 cde	0,88 cd	0,805 cde
M2; 5ppm T6		0,907 bc	0,867 abcd	0,86 bcd	0,813 de
M3; 0ppm T7	0,893 a	0,896 bc	0,835 ab	0,76 a	0,728 abc
M3; 2,5ppm T8		0,872 ab	0,846 abc	0,82 b	0,742 bc
M3; 5ppm T9		0,818 a	0,810 a	0,75 a	0,741 bc

1/Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos para un mismo momento de evaluación ($\alpha > 0,05$).

Se puede apreciar, en todos los tratamientos, un descenso progresivo del contenido de ácidos a medida que avanzaba el tiempo, corroborando lo expuesto por Schiffmann-Nadel (1977); Martínez-Jávega, (1995); Ortúzar *et al.* (1999) y Larrigaudiere y Pons (2001). Independiente de algunas diferencias significativas, no siempre consistentes, entre tratamientos, los frutos del estado de madurez M3 tendieron a presentar una acidez progresivamente más baja con el avance del almacenamiento. Esto coincide con lo señalado por Delhom y Molina (1999), quienes indican que en la mandarina “Clemenules”, la acidez está inversamente correlacionada con la madurez interna.

Aparentemente, la aplicación de etileno no influyó directamente en el contenido de ácidos de los frutos, al igual como lo señalado por Wheaton y Stewart (1973), y Arpaia (1998).

Relación sólidos solubles-acidez

Inmediatamente a la cosecha, la fruta del estado de madurez M1 presentó el menor valor de la relación sólidos solubles-acidez, debido a su mayor contenido de ácidos. Los otros dos estados no mostraron diferencias significativas entre ellos, aunque tuvieron una relación mayor al estado de madurez M1, debido a que poseían menor acidez (Cuadro 7). En España, la relación SS/acidez (llamada también índice de madurez o ratio de madurez) está regulada gubernamentalmente, y debe ser mayor o igual a 7,5 para mandarinas clementinas (Martínez-Jávega *et al.*, 2001), cifra superada por la fruta en los tres estados de madurez en esta investigación.

Durante el ensayo, la relación SS/acidez fue aumentando progresivamente en todos los tratamientos. Larrigaudiere y Pons (2001) describen un aumento de la relación SS/acidez durante la conservación de mandarina var. Clemenules, situación que coincide con estos resultados.

El aumento excesivo de la relación SS/acidez durante el transporte y comercialización altera el sabor del fruto, el cual podría tornarse insípido. Para clementinas de 10-12 °Brix, el índice de madurez máximo aceptable se sitúa entre 16 y 18 (Martínez-Jávega *et al.*, 2001), mientras que en este ensayo la relación máxima alcanzó a 14,8.

Cuadro 7. Evolución de la relación sólidos solubles-acidez en mandarinas “Clemenules” para los distintos tratamientos de desverdización con etileno (cuociente entre °Brix y porcentaje de ácidos).

Tratamiento	Relación sólidos solubles - acidez				
	Antes de aplicación	25 días a 5°C.	25 días a 5°C + 5 DSEV	50 días a 5°C.	50 días a 5°C + 5 DSEV
	° Brix / % acidez				
M1; 0ppm T1	9,1 a	11,0 a	11,6 a	12,6 a	14,3 abc
M1; 2,5ppm T2		11,9 abcd	11,8 a	12,7 a	13,3 ab
M1; 5ppm T3		11,4 abc	11,7 a	13,0 a	13,4 ab
M2; 0ppm T4	11,2 b	11,2 ab	11,6 c	12,5 a	13,9 ab
M2; 2,5ppm T5		12,2 bcd	11,8 a	13,0 a	14,2 abc
M2; 5ppm T6		11,1 ab	11,8 a	12,4 a	12,7 a
M3; 0ppm T7	11,6 b	11,9 abcd	13,1 b	14,6 b	14,7 bc
M3; 2,5ppm T8		12,5 cd	13,1 b	13,2 a	13,7 ab
M3; 5ppm T9		12,7 d	13,3 b	14,5 b	14,8 bc

1/Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos para un mismo momento de evaluación ($\alpha > 0,05$).

Aparentemente, la aplicación de etileno no influyó en la modificación de este índice de madurez, lo que concuerda con lo expuesto por Cohen (1981), quien en mandarinas “Satsuma” no encontró variaciones en la relación SS/acidez entre fruta desverdizada con etileno y fruta sin desverdizar.

Según lo indicado por Schiffmann-Nadel (1977); Delhom y Molina (1999) y Ortúzar *et al.* (1999), en clementinas, el incremento de este índice se debe fundamentalmente a la disminución de ácidos que experimenta el fruto durante su almacenaje. Esto explica que la fruta del estado de madurez M1, que mantuvo siempre el mayor contenido de ácidos, presentó la menor relación SS/acidez, mientras que los estados de madurez más avanzada, que tenían menores niveles de ácidos, exhibieron mayores relaciones SS/acidez.

Deshidratación

En los frutos cítricos, la deshidratación es una de las principales causas de deterioro fisiológico. Lo sufren los frutos por transpiración y falta de reposición de agua una vez cosechados, causando desecación, arrugamiento, ablandamiento y aceleración de la senescencia (Ben-Yehoshua, 1985, citado por Larrigaudiere y Pons, 2001). En mandarinas se agrava por tener el fruto una alta relación superficie/volumen y menor espesor de corteza (Martínez-Jávega *et al.*, 2001).

Luego de la desverdización, los tres tratamientos sin aplicación de etileno presentaron mayor deshidratación (Cuadro 8), ya que durante la aplicación de etileno fueron mantenidos a temperatura ambiente y condiciones de baja humedad relativa, en comparación a los frutos que sí fueron desverdizados con etileno, los que estaban aproximadamente a 90-95% de humedad. Al parecer, la mayor deshidratación sufrida por estos tres tratamientos se debería al diferencial de humedad entre el fruto y el entorno.

Cuadro 8. Deshidratación por período de evaluación en mandarinas “Clemenules” para los distintos tratamientos de desverdización con etileno (porcentaje de pérdida de peso).

Tratamiento	Deshidratación			
	Después de aplicación	Después de 25 d. 5°C.	25-50 d. 5°C.	Después de 5 DSEV
%				
M1; 0ppm T1	3,47 c	1,91 a	2,25 a	4,15 a
M1; 2,5ppm T2	0,82 a	2,31 a	1,95 a	4,41 a
M1; 5ppm T3	0,71 a	1,88 a	1,57 a	4,14 a
M2; 0ppm T4	3,43 c	1,76 a	2,30 a	4,26 a
M2; 2,5ppm T5	0,88 ab	1,81 a	1,91 a	4,35 a
M2; 5ppm T6	0,87 ab	2,15 a	1,99 a	4,44 a
M3; 0ppm T7	3,66 c	1,57 a	2,34 a	3,91 a
M3; 2,5ppm T8	0,81 a	1,62 a	2,02 a	4,44 a
M3; 5ppm T9	1,10 b	2,16 a	2,11 a	3,41 a

1/Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos para un mismo momento de evaluación ($\alpha > 0,05$).

Durante el almacenaje refrigerado, las pérdidas de agua fueron bajas, debido a las condiciones de baja temperatura y la alta humedad relativa en que fue mantenida la fruta, reduciendo la transpiración.

Luego de la desverdización, las mayores pérdidas de peso ocurrieron durante el período de simulación de exposición y venta. Larrigaudiere y Pons (2001) explican que, fuera del frigorífico y a temperatura ambiente, la pérdida de peso se incrementa notablemente

durante la vida comercial de los frutos, debido principalmente a un incremento de la actividad respiratoria al aumentar la temperatura del entorno. Sin embargo, el diferencial de humedad relativa entre el fruto y la atmósfera juega un papel muy importante, sobre todo si se considera que estos frutos no fueron encerados. Según Martínez-Jávega (1995), si no se aplican recubrimientos, las pérdidas de agua pueden llegar al 16% tras 100 días de conservación, con la correspondiente pérdida de firmeza.

Aparentemente, ni la aplicación de etileno ni el estado de madurez influyeron en la deshidratación del fruto. Las pérdidas de peso son más atribuibles a la ausencia de encerado y a las condiciones de humedad relativa durante el período de comercialización, las que favorecieron el paso de humedad desde el fruto hacia la atmósfera.

Contenido de jugo

En mandarinas, la jugosidad, asociada a una pulpa tierna y fundente, casi sin fibra, es un factor de calidad muy importante (Ortúzar, 1999).

En este ensayo, la fruta de todos los tratamientos mantuvo contenidos de jugo mayores al 50% (Cuadro 9), cantidad superior al 40% que la regulación española establece como mínimo para clementinas (Martínez-Jávega *et al.*, 2001).

Cuadro 9. Evolución del contenido de jugo en mandarinas “Clemenules” para los distintos tratamientos de desverdización con etileno (porcentaje de jugo).

Tratamiento	Contenido de jugo				
	Antes de aplicación	25 días a 5°C.	25 días a 5°C + 5 DSEV	50 días a 5°C.	50 días a 5°C + 5 DSEV
% jugo					
M1, 0ppm T1	53,18 a	54,54 abc	58,65 a	51,71 ab	56,16 a
M1; 2,5ppm T2		51,36 a	59,28 a	50,42 a	56,94 a
M1; 5ppm T3		53,26 ab	62,68 a	51,24 a	54,35 a
M2; 0ppm T4	54,80 a	54,77 abc	61,59 a	54,32 abc	57,72 a
M2; 2,5ppm T5		58,88 c	61,23 a	54,77 abc	56,85 a
M2; 5ppm T6		57,71 bc	63,83 a	58,37 c	61,73 a
M3; 0ppm T7	58,12 a	54,90 abc	63,11 a	58,77 c	60,87 a
M3; 2,5ppm T8		58,77 c	63,40 a	56,20 bc	58,64 a
M3; 5ppm T9		59,23 c	63,24 a	56,80 bc	60,63 a

1/Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos para un mismo momento de evaluación ($\alpha > 0,05$).

Aparentemente, la aplicación de etileno y el estado de madurez no afectaron el contenido de jugo de los frutos, independiente de ciertas diferencias significativas entre tratamientos. En los resultados se observan sólo variaciones, pero no suficientes para determinar un patrón de comportamiento en esta variable.

A través del tiempo, no se vio clara evolución en el contenido de jugo de los frutos. Más bien, se observó que los niveles de rendimiento en jugo se mantuvieron estables, independiente del estado de madurez y del nivel de etileno, situación similar a la constatada por Martínez-Jávega *et al.* (2001) en desverdización de mandarinas.

Pudriciones

La incidencia de pudriciones fue baja en todas las evaluaciones, no determinándose diferencias significativas derivadas de los niveles de etileno empleados, en ninguno de los tres estados de madurez de cosecha estudiados, sobre incidencia de problemas (Cuadro 10).

Cuadro 10. Incidencia de pudriciones en mandarinas “Clemenules” para los distintos tratamientos de desverdización con etileno (porcentaje de frutos afectados).

Tratamiento	Pudriciones			
	25 días a 5°C.	25 días a 5°C y 5 DSEV	50 días a 5°C.	50 días a 5°C y 5 DSEV
% de frutos afectados				
M1, 0ppm T1	0 a	0 a	2,08 a	0 a
M1; 2,5ppm T2	0 a	0 a	0 a	0 a
M1; 5ppm T3	0 a	0 a	0 a	0 a
M2; 0ppm T4	0 a	2,08 a	0 a	2,08 a
M2; 2,5ppm T5	0 a	0 a	0 a	0 a
M2; 5ppm T6	0 a	0 a	0 a	2,08 a
M3; 0ppm T7	0 a	0 a	0 a	2,08 a
M3; 2,5ppm T8	0 a	0 a	0 a	0 a
M3; 5ppm T9	0 a	0 a	0 a	0 a

1/Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos para un mismo momento de evaluación ($\alpha > 0,05$).

Los bajos niveles de pudrición se pueden explicar, por una parte, a que los frutos fueron manipulados con el cuidado adecuado para evitar la presencia de heridas, y además, a la aplicación de fungicida mediante la técnica llamada “drencher”, realizada inmediatamente después de la cosecha, y antes de la desverdización. Este tratamiento es ampliamente utilizado y se recomienda para reducir el peligro de infecciones, como lo indican varios

autores, como Cohen (1981); Davies y Albrigo (1994); Cuquerella *et al.* (1999); Agustí (2000); Arpaia y Kader (2000); y Salvador *et al.* (2002).

Como se aprecia en Figura 3, aparentemente las infecciones sólo se desarrollaron excepcionalmente en roturas ocasionadas por daño mecánico en la estiba de la fruta en el frigorífico, posterior a la desverdización. Esto coincide con lo indicado por Gardiazábal y Rosemberg (1991), quienes afirman que en los frutos cítricos, de no haber una cosecha y manipulación cuidadosa para evitar cortes, roces y magulladuras, aumenta la probabilidad de que se expresen estos desórdenes patológicos.

Figura 3. Frutos de mandarina “Clemenules”, tratados con etileno en postcosecha, afectados con pudriciones luego de almacenamiento refrigerado y simulación de exposición y venta.



En este ensayo se observó que el estado de madurez y la concentración de etileno no influyeron directamente en la aparición de pudriciones. Esto contradice lo expuesto por Arpaia y Kader (2000), quienes señalan que en la mandarinas, la desverdización puede acelerar el deterioro y aumentar la incidencia de frutos podridos.

Roseta

La roseta se mantuvo presente, de color verde y con buena adherencia aparente en todos los frutos evaluados, por lo que bajo las condiciones del ensayo ni el estado de madurez ni la concentración de etileno provocaron la caída de la roseta

Sólo luego de 50 días de almacenamiento refrigerado y 5 días de simulación de exposición y venta a temperatura ambiente, se observaron signos de deshidratación en los sépalos del cáliz (Cuadro 11; Figura 4). Esta situación se pudo observar sólo para la fruta de los tratamientos con 5 ppm de etileno, y en cantidades relativamente bajas, lo que, sin embargo, implicaría limitaciones para aplicar este tratamiento en fruta destinada a

mercados lejanos como Japón. La fruta de los tratamientos con 5 ppm no presentó diferencias significativas entre sí, lo que indicaría que el estado de madurez no influyó en la aparición de este síntoma. El resto de los tratamientos no presentó evidencias de deshidratación del cáliz.

Cuadro 11. Incidencia de deshidratación del cáliz en mandarinas “Clemenules” para los distintos tratamientos de desverdización con etileno (porcentaje de frutos afectados).

Tratamiento	Deshidratación del cáliz			
	25 días a 5°C.	25 días a 5°C y 5 DSEV	50 días a 5°C.	50 días a 5°C y 5 DSEV
	% de frutos afectados			
M1, 0ppm T1	0 a	0 a	0 a	0 a
M1; 2,5ppm T2	0 a	0 a	0 a	0 a
M1; 5ppm T3	0 a	0 a	0 a	11,95 b
M2; 0ppm T4	0 a	0 a	0 a	0 a
M2; 2,5ppm T5	0 a	0 a	0 a	0 a
M2; 5ppm T6	0 a	0 a	0 a	8,3 b
M3; 0ppm T7	0 a	0 a	0 a	0 a
M3; 2,5ppm T8	0 a	0 a	0 a	0 a
M3; 5ppm T9	0 a	0 a	0 a	10,9 b

1/Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos para un mismo momento de evaluación ($\alpha > 0,05$).

Figura 4. Síntomas de deshidratación del cáliz al final de 50 días de almacenamiento refrigerado y simulación de exposición y venta en mandarinas “Clemenules”, tratadas con etileno en postcosecha.



Bufado

No se presentó este desorden en ningún fruto evaluado en el ensayo durante todo el período de almacenamiento. Aparentemente, la época de cosecha, no siendo demasiado avanzada en ninguno de los estados de madurez considerados, fue la indicada como para permitir que este desorden no se expresara.

Oleocelosis

Los resultados no presentan diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las evaluaciones y muestran que no hubo relación entre las dosis de etileno usadas y la incidencia de oleocelosis, como tampoco entre el grado de coloración a la cosecha y la manifestación de este problema (Cuadro 12).

Cuadro 12. Incidencia de oleocelosis en mandarinas “Clemenules” para los distintos tratamientos de desverdización con etileno (porcentaje de frutos afectados).

Tratamiento	Oleocelosis				
	Antes de aplicación	25 días a 5°C.	25 días a 5°C y 5 DSEV	50 días a 5°C.	50 días a 5°C y 5 DSEV
% de frutos afectados					
M1; 0ppm T1	0,00 a	6,25 a	2,08 a	6,25 a	0,00 a
M1; 2,5ppm T2	4,17 a	6,25 a	6,25 a	2,08 a	0,00 a
M1; 5ppm T3	0,00 a	4,17 a	4,17 a	0,00 a	6,25 a
M2; 0ppm T4	2,08 a	6,25 a	6,25 a	0,00 a	4,17 a
M2; 2,5ppm T5	8,33 a	0,00 a	6,25 a	2,08 a	0,00 a
M2; 5ppm T6	0,00 a	4,17 a	4,17 a	2,08 a	0,00 a
M3; 0ppm T7	4,17 a	6,25 a	4,17 a	0,00 a	2,08 a
M3; 2,5ppm T8	0,00 a	4,17 a	6,25 a	2,08 a	0,00 a
M3; 5ppm T9	0,00 a	2,08 a	2,08 a	0,00 a	4,17 a

1/Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos para un mismo momento de evaluación ($\alpha > 0,05$).

Los niveles de expresión del defecto fueron bajos, posiblemente debido al curado al que se sometió la fruta inmediatamente después de cosechada, lo que a su vez se relaciona con pérdida de la excesiva turgencia que induce a mayor desarrollo del problema (Arpaia y Kader, 2002). Aparentemente, ni el estado de madurez ni la concentración de etileno indujeron una influencia clara en la expresión de este defecto.

Granulación

El nivel de expresión de este desorden fisiológico fue bajo, situación que se puede apreciar en el cuadro 13, en que se presentan los efectos de 3 niveles de etileno sobre fruta de los tres estados de madurez de cosecha en la incidencia de granulación. Como se observa, los resultados no arrojaron diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que ni el estado de madurez ni la concentración de etileno habrían influido en la aparición de este desorden.

Cuadro 13. Incidencia de granulación en mandarinas “Clemenules” para los distintos tratamientos de desverdización con etileno (porcentaje de frutos afectados)

Tratamiento	Granulación			
	25 días a 5°C.	25 días a 5°C + 5 DSEV	50 días a 5°C.	50 días a 5°C + 5 DSEV
% de frutos afectados				
M1, 0ppm T1	0,00 a	0,00 a	0,00 a	2,08 a
M1; 2,5ppm T2	0,00 a	0,00 a	0,00 a	4,17 a
M1; 5ppm T3	0,00 a	0,00 a	4,17 a	2,08 a
M2; 0ppm T4	0,00 a	0,00 a	0,00 a	4,17 a
M2; 2,5ppm T5	2,08 a	0,00 a	0,00 a	2,08 a
M2; 5ppm T6	0,00 a	0,00 a	2,08 a	0,00 a
M3; 0ppm T7	2,08 a	2,08 a	0,00 a	0,00 a
M3; 2,5ppm T8	0,00 a	0,00 a	2,08 a	0,00 a
M3; 5ppm T9	0,00 a	0,00 a	0,00 a	2,08 a

1/Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos para un mismo momento de evaluación ($\alpha > 0,05$).

Figura 5. Frutos de mandarina “Clemenules”, tratados con etileno en postcosecha, afectados por granulación al final del almacenamiento refrigerado y simulación de exposición y venta.



Aparentemente, los frutos afectados comienzan a desarrollar el desorden antes de cosecha. En este sentido, Agustí (2000) señala que la granulación se inicia en el árbol, manifestándose luego en postcosecha, y su expresión se ha relacionado con el retraso en la recolección, entre otros factores, lo que podría explicar la baja incidencia de este desorden en el ensayo.

CONCLUSIONES

En la zona de Monte Patria (Valle del Limarí, IV Región), los frutos de mandarina “Clemenules” alcanzan una adecuada calidad interna, expresada en la relación sólidos solubles-acidez, suficiente para su recolección antes de completar el desarrollo de color del fruto.

El etileno gaseoso promueve el desarrollo de color de los frutos de mandarina “Clemenules” en ambas dosis aplicadas (2,5 y 5 ppm). Mientras más avanzado es el estado de madurez de la fruta al momento de la desverdización, más completo es el desarrollo de color.

La aplicación de etileno y el estado de madurez de la fruta, al momento de la desverdización, no alteran ni la tasa de producción de etileno ni la tasa respiratoria de los frutos. Tampoco determinan diferencias en la evolución de los parámetros de calidad interna del fruto, como son el contenido de sólidos solubles y de ácidos (y, por consiguiente, la relación entre ambas variables), no influyen en la deshidratación del fruto y no afectan su contenido de jugo.

El estado de madurez y la concentración de etileno no intervienen en la aparición de pudriciones. Análogamente, no influyen en la incidencia de oleocelosis, granulación y bufado.

Según las condiciones de este estudio, para 50 días de refrigeración o transporte refrigerado más 5 días de simulación de exposición y venta a temperatura ambiente, no sería apropiado contar con fruta tratada con 5 ppm de aplicación de etileno, independiente del estado de madurez, debido a los problemas de deshidratación de cáliz que presenta luego de este período. No obstante ello, estos resultados deberían validarse para otras temporadas y otras localidades antes de hacerse recomendaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M. 2000. Citricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 416p.
- Agustí, M., V. Almela, M. Juan, F. Alférez, F.R. Tadeo and L. Zacarías. 2001. Histological and physiological characterization of rind breakdown of Navelate sweet orange. *Annals of Botany* 88: 415–422.
- Alférez, F., M. Agustí and L. Zacarías. 2003. Postharvest rind staining in Navel oranges is aggravated by changes in storage relative humidity: effect on respiration, ethylene production and water potential. *Postharvest Biology and Technology* 28:143–152.
- Almela, V. 1991. Citricultura, Jornadas técnicas Fundación La Caixa. Aedos. Barcelona, España. 79p.
- Arpaia, M. 1998. Maduración de frutos: procedimientos y recomendaciones. Postharvest horticulture series 9s. Department of Pomology, University of California. Davis, EEUU. 100p.
- Arpaia, M. 1999. Manejo de huertos y postcosecha. pp. 99-112. *In: Seminario internacional avances en citricultura*. Santiago, Chile. Julio 22-23, 1999. Departamento de Fruticultura y Enología, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Arpaia, M., y A. Kader. 2000. Recomendaciones para preservar la calidad postcosecha de los cítricos. *Levante agrícola* 352: 239-243.
- Arpaia, M., y A. Kader. 2002. Mandarin/Tangerine: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest technology research and information center. University of California. Davis, EE.UU. Disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/mandarin.shtml>. Leído el 15 de agosto de 2005.
- Cohen, E. 1981. Methods of degreening Satsuma mandarin. pp. 748-750. *In: Proc. Int. Soc. Citriculture*. Tokio, Japan. November 9-12, 1981. Tokio, Japan.
- Cuquerella, J., P. Navarro y A. Salvador. 1999. Respuesta a la desverdización de nuevas variedades de cítricos. *Levante Agrícola* 348: 263-271.
- Cuquerella, J., J. Martínez-Jávega, A. Monterde, P. Navarro y A. Salvador. 2004. Nuevo sistema de medida de color para cítricos. *Levante agrícola* 372: 298-304.
- Gardiazábal, F. y G. Rosenberg. 1991. Cultivo de los cítricos. Universidad Católica de Valparaíso. Quillota, Chile. 246p.

Davies, F. and L. Albrigo. 1994. Citrus. CAB international. University press, Cambridge, U.K. 254p.

Delhom, M. y M. Molina. 1999. Algunas relaciones entre los diferentes parámetros que describen las características de la mandarina Clementina de Nules. *Levante agrícola* 347:120-126.

Hyodo, H. 1981. Ethylene production by citrus fruits tissues. pp. 880-882. *In: Proc. Int. Soc. Citriculture*. Tokio, Japan. November 9-12, 1981. Tokio, Japan.

Jiménez-Cuesta, M., J. Cuquerella, and J. Martínez-Jávega. 1981. Determination of a color index for citrus fruits degreening. pp. 750-753. *In: Proc. Int. Soc. Citriculture*. Tokio, Japan. November 9-12, 1981. Tokio, Japan.

Larrigaudiere, C. y J. Pons. 2001. Influencia del sistema de desverdización, natural (en el árbol) o artificial (con etileno), sobre las capacidades de frigoconservación de la Clementina de Nules. *Levante agrícola* 358: 444-448.

Lizana, L. 1996. Manejo calidad y fisiología postcosecha de fruta (Apuntes de Fisiología de postcosecha). Universidad de Chile. Santiago, Chile. 108p.

Martínez-Jávega, J. 1995. La conservación de las mandarinas durante la post-recolección. pp. 247. *In* II congreso de citricultura de La Plana. Ediciones y promociones L.A.V. Nules, España.

Martínez-Jávega, J., J. Cuquerella, M. Del Río y P. Navarro. 2001. Aplicación de la tecnología postcosecha en la exportación de mandarinas con restricciones cuarentenarias. *Levante agrícola* 355: 107-112.

Ortúzar, J. 1999. La calidad de los frutos cítricos y los factores que la determinan. *Aconex* 63: 16-22.

Ortúzar, J., P. Carmona y J. Mártiz. 1999. Maduración de cítricos, cambios de calidad y desórdenes asociados. *Agronomía y forestal U.C.* 2: 27-31.

Plaza, P., N. Lamarca, J. Pons, A. Sanbruno, R. Torres, J. Usall, I. Viñas. 2004. Integration of curing treatments with degreening to control the main postharvest diseases of clementine mandarins. *Postharvest Biology and Technology* 34: 29-37.

Razeto, B. 1987. Desórdenes fisiológicos en frutos cítricos. *Aconex* 17:14-17.

Sala, J.M. and M.T. Lafuente. 2004. Antioxidant enzymes activities and rindstaining in 'Navelina' oranges as affected by storage relative humidity and ethylene conditioning. *Postharvest Biol. Thechnol.* 31, 277-285.

Salvador, A., A. Monterde, D. Vázquez, J. Cuquerella y P. Navarro. 2002. Desverdización de frutos cítricos con destino a países de ultramar. *Levante Agrícola* 361: 238-244.

Saltveit, M. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest biology and technology* 15: 279-292.

Schiffmann-Nadel, M. 1977. Chemical and physiological changes in citrus fruit during storage and their relation to fungal infection. pp. 311-317. *In: Proc. Int. Soc. Citriculture*. Orlando, Florida, EE.UU. May 1-8 1977. Orlando, Florida, EE.UU.

Wheaton, T. and I. Stewart. 1973. Optimum temperature and ethylene concentrations for postharvest development of carotenoid pigments in citrus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98(4):337-340.

Wills, R., B. Mc Glasson, D. Graham and D. Joyce. 1998. *Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. Hyde Park Press, Adelaide, South Australia. 262 p.

Zaragoza, S., 1997. Manejo, producción de mandarinas y clementinas en España. La postcosecha de mandarinas y clementinas (Madurez y almacenaje). pp 1-19. *In: Seminario Internacional de Cítricos*. Fundación Chile. Fedefruta.

Zoffoli, J., 1999. Consideraciones para la desverdización de frutos cítricos. *Aconex* 62: 24-27.