

(S9-P60)

EFFECTO DE TRATAMIENTOS CUARENTENARIOS, COMBINANDO FRÍO Y ATMÓSFERAS INSECTICIDAS, SOBRE LA FISIOLOGÍA Y LA CALIDAD NUTRICIONAL Y SENSORIAL DE MANDARINAS ‘CLEMENULES’

CRISTINA ROJAS-ARGUDO, LLUIS PALOU, ADRIANA CONTRERAS, M. BERNARDITA PÉREZ-GAGO, ALICIA MARCILLA y MIGUEL ANGEL DEL RÍO
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), Centro de Tecnología Poscosecha, Apartado Oficial, 46113 Moncada, España, crojas@ivia.es, teléfono: 34 96 3424000, fax: 34 963424001.

Palabras clave: cítricos - CO₂ - vitamina C – antioxidante - sabor – etanol

RESUMEN

La necesidad de desarrollar tecnologías poscosecha que mantengan la calidad nutricional y sensorial de las frutas y hortalizas hasta llegar al consumidor es cada vez más una prioridad del mercado. En el caso de los cítricos, la importancia de los mismos desde el punto de vista nutricional se debe a su alto contenido en vitamina C y a otros componentes bioactivos, la mayoría de ellos con actividad antioxidante. La aplicación de tratamientos de cuarentena mediante la aplicación de frío puede dar lugar a un detrimento en la calidad de los mismos. La combinación de tiempos de exposición a frío más cortos con la aplicación de atmósferas insecticidas (AI) se ha visto que resulta efectiva para el control de la mosca mediterránea de la fruta *Ceratitis capitata* (Wiedemann). En este trabajo se evaluó el efecto combinado de cuarentena por frío y AI en la calidad de mandarinas clementinas ‘Clemenules’. La fruta se almacenó a 1,5 °C durante 6, 9, ó 12 días, seguido de un periodo de exposición de 20 horas en AI de 95% CO₂ a 20 °C o 25 °C. Tras un periodo de almacenamiento de 7 días a 20 °C, se analizaron la capacidad antioxidante (método DPPH) y la vitamina C total, el nivel de etanol, la aparición de alteraciones fisiológicas externas y la calidad sensorial de la fruta. En general, los tratamientos cuarentenarios no ejercieron efecto significativo en la vitamina C total, ni en la capacidad antioxidante total de las mandarinas ‘Clemenules’. Las AI produjeron daños fisiológicos externos, aumentaron los niveles de etanol y afectaron negativamente la calidad sensorial cuando se aplicaron tras 12 días de almacenamiento a 1,5°C. Sin embargo, su aplicación tras almacenamientos más cortos no afectó la calidad de la fruta.

EFFECT OF QUARANTINE TREATMENTS COMBINING COLD WITH INSECTICIDAL ATMOSPHERES, ON THE PHYSIOLOGY AND NUTRITIONAL AND SENSORY QUALITY OF ‘CLEMENULES’ MANDARINS

Key words: citrus - CO₂ - ethanol - vitamin C – antioxidant - flavor

ABSTRACT

There is a need to develop new postharvest technologies that contribute to maintain the nutritional and sensory quality of fresh fruits and vegetables. The presence of vitamin C

and other bioactive components, most of them with antioxidant activity, in citrus fruits gives them an important nutritional value. The application of quarantine treatments, such as low temperature exposure, might affect their nutritional value. The combination of shorter cold exposure periods with insecticidal atmospheres containing high CO₂ levels (IA) has been effective in controlling the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* (Wiedemann). In this work, the combined effect of cold quarantine treatments and IA on the quality of 'Clemenules' mandarins was studied. Fruit was exposed to 1.5 °C a 6, 9, or 12 days, followed by 20-hour exposure in IA containing 95% CO₂ at 20 or 25 °C. After 7 days of storage at 20 °C, simulating commercial storage conditions, the antioxidant capacity (by the DPPH method), total vitamin C, ethanol level, physiological disorders, and sensory quality of the fruit were evaluated. In general, quarantine treatments did not affect total vitamin C and total antioxidant capacity of 'Clemenules' mandarins. Application of the IA induced external physiological disorders and increased ethanol levels in the juice, which affected the sensory quality, only when the treatments were applied after 12 days of cold exposure to 1,5 °C. However, their application after shorter cold storage periods did not adversely affect fruit quality.

INTRODUCCIÓN

La mosca mediterránea de la fruta *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) representa un grave problema para la exportación de cítricos cuando se pretende que estos productos lleguen a mercados lejanos libres de esta plaga, los cuáles someten sus importaciones a amplias restricciones cuarentenarias. El tratamiento cuarentenario más generalizado consiste en exponer la fruta a bajas temperaturas durante el periodo de tiempo estipulado por el país receptor de la fruta, en base a garantizar que el envío esté libre de la mosca del Mediterráneo. Por ejemplo, para envíos a Estados Unidos el tratamiento cuarentenario obligado consiste en someter a la fruta durante 14-18 días a 1,1-2,2°C, dicho tratamiento coincide con el transporte marítimo necesario para llevar la fruta a Estados Unidos (USDA-APHIS, 2002). La temperatura utilizada de 1,5°C supone, por tanto, un riesgo de que los cítricos sufran daños por frío durante dicho periodo de cuarentena, lo cuál hace recomendable buscar alternativas que consigan eliminar la mosca de los frutos sin producir un impacto negativo en la calidad. En este sentido se han ensayado con éxito otros tratamientos como los de ionización utilizando como fuente de irradiación rayos gamma o rayos X (Hallman, 1999). La aplicación de atmósferas insecticidas (AI) con alto contenido de CO₂ también se ha estudiado como tratamiento cuarentenario (Ke y Kader, 1992). La temperatura a la que se aplique este tratamiento es importante, puesto que puede afectar al metabolismo y producir alteraciones fisiológicas en los frutos y la aparición de malos sabores (Alonso et al., 2005a)

Tradicionalmente la evaluación de la calidad poscosecha se ha dirigido a evaluar la calidad fisico-química de las frutas a través de parámetros como la pérdida de peso y firmeza, el color, índice de madurez, pH y acidez, entre otros. Poco a poco, la evaluación sensorial de las frutas se ha ido incorporando en los trabajos para estudiar y evitar las alteraciones de las propiedades organolépticas durante su manipulación poscosecha. En la actualidad, la calidad nutricional ha pasado a tener gran interés siendo un componente de la calidad global muy valorado por el consumidor. Numerosos ensayos clínicos y estudios epidemiológicos han evidenciado que el consumo de frutas y verduras es beneficioso para la salud y contribuye a la prevención de los procesos degenerativos previniendo accidentes cerebrovasculares y cardiovasculares y bajando la tasa de incidencia y mortalidad de cáncer. En particular, los cítricos constituyen una importante fuente nutricional de vitaminas, caracterizándose por su alto contenido en vitamina C. Además, los cítricos son una fuente de otros componentes bioactivos con propiedades antioxidantes, como flavonoides y carotenoides (Sánchez-Moreno

et al., 2003). La variedad y abundancia de compuestos antioxidantes en los cítricos posibilita la aparición de sinergias entre estos compuestos contribuyendo a la capacidad antioxidante total de estas frutas. Las tecnologías poscosecha deben mantener también la calidad nutricional y funcional de los frutos hasta que estos lleguen al consumidor.

Lee y Kader (2000) revisaron los factores poscosecha que afectan a los contenidos de vitamina C, concluyendo que la temperatura es el factor con mayor peso y que las pérdidas son aceleradas al utilizar altas temperaturas y largos almacenamientos. Por el contrario, las bajas temperaturas empleadas en la frigoconservación pueden acelerar las pérdidas de vitamina C en frutas sensibles al frío, incluso antes de que se visualicen los daños por frío (Miller y Heilman, 1952). En especies y/o cultivares sensibles al frío, los calentamientos intermitentes y los preacondicionados constituyen una herramienta para minimizar los daños por frío.

La exposición de la fruta a altas concentraciones de CO₂ y su combinación con diferentes tiempos de almacenamiento en frío puede afectar a la fisiología de la fruta, produciendo cambios fisiológicos y alterando sus componentes bioquímicos. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de una AI (95% de CO₂) aplicada a 20 o 25°C en combinación con diferentes tiempos de almacenamiento en frío sobre la calidad sensorial y nutricional de mandarinas 'Clemenules' y detectar posibles alteraciones fisiológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal utilizado fue mandarinas 'Clemenules' (*Citrus reticulata* Blanco) recolectadas con madurez comercial (IM=8,57).

Una vez recibida la fruta en el IVIA se realizó una selección de frutos sanos, los cuales se lavaron primero con agua y posteriormente se trataron durante 1,5 min con una solución antifúngica compuesta por imazalil (2.500 ppm) y guazatina (800 ppm), simulando el proceso de drencher realizado en los almacenes de confección de frutos.

Con la fruta lavada y tratada, se hicieron 9 grupos homogéneos de 150 frutos, los cuáles se dispusieron en cajas de cartón (40 x 29 x 27 cm.). Las mandarinas se mantuvieron a $1,5 \pm 0,5$ ° C (temperatura de cuarentena) durante 6, 9 o 12 días en una cámara de frigoconservación de 40 m³ situada en la planta piloto del Centro de Tecnología Poscosecha del IVIA. Transcurrido cada tiempo de frigoconservación, 3 grupos de 150 frutos se sometieron durante 20 horas a cada uno de los siguientes tratamientos:

- 1) Aire normal a 20±1°C (control)
- 2) AI 95% CO₂ a 20±1°C
- 3) AI 95% CO₂ a 25±1°C

Las diferentes atmósferas de CO₂ se aplicaron en cabinas herméticas de metacrilato (82 x 62 x 87 cm.) en los que los niveles de CO₂, temperatura y la humedad relativa eran controlados de forma continua mediante el sistema automático Control-Tec® (Tecnidex, S.A., Valencia, España). En todos los casos se mantuvo la humedad relativa (HR) a 85±5 %.

Una vez realizados los tratamientos de AI, cada grupo de fruta se recubrió con una cera al agua, aplicada al 10% de sólidos totales, compuesta por polietileno, goma laca y 0,5% del fungicida tiabendazol (Brillaqua®, Brillocera S.A., Beniparell, Valencia).

Para completar el periodo poscosecha, se simuló una comercialización directa de 7 días a 20°C. Al término de dicho periodo se determinaron los parámetros nutricionales correspondientes a capacidad antioxidante y vitamina C total, el contenido en etanol, la aparición de alteraciones fisiológicas externas y la calidad sensorial de la fruta como se describe a continuación.

La capacidad antioxidante y la vitamina C total se determinaron para cada tratamiento en zumos a partir de 10 frutos utilizando un exprimidor de piña giratoria y un tamiz de 0,8

mm de luz. Se realizaron 3 zumos por tratamiento.

La vitamina C total, suma de ácido ascórbico (AA) y dehidroascórbico (DHA) se determinó reduciendo previamente el DHA a AA mediante el reactivo reductor DL-Ditiotreitol (DTT) (Sánchez-Mata et al., 2000). 1 mL de zumo se homogeneizó con 9 mL de ácido metafosfórico (MPA) al 2,5%. A continuación se tomaron 2 mL de la solución resultante, se añadió 0,4 mL de DTT (0,02 g de DTT en 1 mL de agua destilada) y se dejó reaccionar durante 2 horas en oscuridad. Transcurrido dicho tiempo las muestras, previamente filtradas a través de filtro de nylon de 0,45 μm , se analizaron utilizando un sistema cromatográfico de HPLC (Merck Hitachi, Alemania) compuesto por automuestreador, bomba cuaternaria, desgasificador, horno de columnas y detector de arreglo de diodos en el que se inyectó 20 μL de muestra. La fase móvil compuesta por 2% KH_2PO_4 se ajustó a pH 2,3 con H_3PO_4 y se utilizó a un flujo de 1 mL/min. Se utilizó una columna RP-C₁₈ (250 x 4 mm), precedida de una precolumna (4 x 4 mm) con diámetro de partícula 5 μm (Merck, Alemania), alojadas en el horno de columnas a 25°C. La longitud de onda de medida fue 253 nm. La cuantificación del AA de las muestras se determinó a partir de una curva de calibrado realizada con 5 concentraciones diferentes de un estándar de ácido ascórbico (Sigma Aldrich).

La capacidad antioxidante se evaluó mediante el método de captura de radicales libres del 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH \cdot) en disolución con metanol (Brand-Williams et al., 1995) que mide la reducción de la absorbancia a 515 nm de soluciones de DPPH \cdot al reaccionar con antioxidantes. Para lo cual se tomaron 2 mL del zumo correspondiente y 4 mL de metanol y se centrifugó a 12.000 rpm durante 15 min a 5°C. A partir del sobrenadante obtenido se realizaron diluciones del sobrenadante con metanol con el fin de poder relacionar la disminución en la absorbancia del DPPH \cdot con la concentración de la muestra. Seguidamente se mezcló en cubetas desechables 75 μL de cada una de las diluciones metanólicas de las muestras con 2,925 mL de una solución metanólica de DPPH \cdot (24 ppm) y se dejó reaccionar durante 40 min en oscuridad, a 23,5°C \pm 1°C. Finalmente se midió la absorbancia a 515 nm con un espectrofotómetro Thermo UV1 provisto de siete portacubetas (Thermo Electron Corporation, UK). La capacidad antioxidante se expresó como EC₅₀ que es la cantidad de muestra necesaria por gramo de DPPH que reduce al 50% los radicales libres de dicho reactivo (g homogenizado/g DPPH) (Sánchez-Moreno et al., 2003).

El contenido en etanol de los zumos se determinó mediante Cromatografía gaseosa de espacio en cabeza (Ke y Kader, 1990). El cromatógrafo (Perkin Elmer, Autosystem 2000) estaba provisto de una columna Poropak QS 80.100 de 1/8" de diámetro y 1,2 m utilizando He como gas portador a una presión de 12,3 psi y temperaturas del horno, inyector y detector FID de 150°C, 115°C y 200°C, respectivamente.

La aparición de alteraciones fisiológicas externas producidas por exposición al frío o al CO₂ se determinaron sobre 30 frutos por tratamiento ponderando la media 0-3 (0-sin daño, 1-daño ligero, 2-daño medio, 3-daño severo). Daño ligero se consideró cuando la superficie afectada de la corteza fue inferior al 10% y daño severo cuando el porcentaje de superficie afectada fue superior al 20%.

El análisis sensorial se realizó en la sala de catas homologada del Centro de Tecnología de Poscosecha del IVIA, utilizando un panel entrenado en la evaluación sensorial de cítricos. Los malos sabores (off-flavors) se evaluaron en una escala de intensidad numerada del 0 al 6 y la calidad olfato-gustativa global (flavor) en una escala del 1 al 9, donde el intervalo 1-3 engloba un sabor inaceptable, 4-6 un sabor aceptable y 7-9 un sabor excelente.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante análisis de la varianza utilizando el paquete estadístico Statgraphics plus 4.1. Las diferencias significativas entre las medias se establecieron a través de intervalos MDS (Mínima Diferencia Significativa) con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de atmósferas controladas no ha sido muy aplicada a cítricos debido al riesgo de manchado y deterioro del sabor que esta tecnología presenta (Ke y Kader, 1990). En nuestro trabajo la combinación de frío (1,5°C) y AI de 95% de CO₂ indujo un ligero manchado con el tiempo de exposición en frío más prolongado (12 días) tanto cuando se aplicó a 20°C como a 25°C (Tabla 1). Sin embargo, cuando los periodos de exposición al frío fueron más cortos no se detectaron daños en concordancia con Alonso et al. (2005a) que tampoco observaron desórdenes fisiológicos en la corteza de mandarinas 'Fortune' con cortas exposiciones a CO₂.

Como muestra la tabla 1, el contenido en etanol de las mandarinas aumentó al aumentar el tiempo de exposición al frío y también cuando el CO₂ se aplicó a la temperatura más alta (25°C). El aumento del etanol de cítricos expuestos a atmósferas controladas (AC) ha sido descrito anteriormente (Davis et al., 1973; Pesis y Avissar, 1989; Ke y Kader, 1990; Alonso et al., 2005b) a través de un aumento en la actividad de las enzimas piruvato descarboxilasa y alcohol deshidrogenasa (Davis et al., 1973).

El sabor global de las mandarinas almacenadas a 1,5°C durante 12 días fue el peor valorado unido a un aumento en los malos sabores (tabla 2). Ke y Kader (1990) también reportaron la aparición de malos sabores en naranjas 'Valencia' expuestas a 5°C durante 9-14 días. Hagenmaier (2002) señaló que contenidos de etanol en cítricos superiores a 150 mg por 100 ml de zumo pueden producir la aparición de malos sabores. En nuestro trabajo con concentraciones inferiores ya se detectaron malos sabores lo cuál puede estar relacionado con las características del cv. 'Clemenules' que posee bajos contenidos en azúcares y ácidos en comparación con otras mandarinas como 'Fortune' o 'Ortanique' en las que contenidos en etanol del orden de 200-300 mg/100 ml de etanol no son suficientes para producir un deterioro considerable del sabor (Alonso et al., 2005a; Rojas-Argudo et al., 2006; Salvador et al., 2006).

A pesar de no haber diferencias en los contenidos de etanol de las mandarinas expuestas 9 o 12 días a frío, el panel sensorial sí detectó diferencias, evaluando como peor las expuestas más tiempo a frío. Aunque el etanol es responsable de la aparición de malos sabores en cítricos, otros componentes volátiles y no volátiles, presentes en los cítricos, afectan a la percepción de los malos sabores. Además el umbral de percepción del etanol y de otros compuestos volátiles se ve afectado por interacciones producidas entre compuestos volátiles y no volátiles (pectinas, azúcares y ácidos entre otros). En este sentido, Ke et al. (1991) señalaron que el contenido en sólidos solubles afecta al nivel de etanol capaz de desarrollar malos sabores y cuánto más alto es el contenido en sólidos solubles, mayor contenido en etanol es requerido para causar malos sabores en las frutas.

El contenido en vitamina C total, como suma de ácido ascórbico y dehidroascórbico, no se vio afectado por la exposición al CO₂ o al aumentar el periodo de cuarentena por frío (tabla 3). Para el periodo de frío de 9 días, las mandarinas expuestas a CO₂ a 20°C presentaron más vitamina C que el resto de tratamientos, aunque las diferencias no fueron considerables. Las atmósferas controladas con alta concentración de CO₂ pueden acelerar la pérdida de vitamina C durante el almacenamiento respecto de un almacenamiento normal (Thompson, 2004), y además existe mayor riesgo cuando la AC se aplica a elevada temperatura. Se ha reportado que la aplicación en mandarinas 'Satsumas' de AC con bajo contenido O₂ y alto en CO₂, a 1-4 °C, redujo el contenido en ácido ascórbico gradualmente, mientras que el contenido en dehidroascórbico aumentó (Ito et al, 1974). Asimismo, los daños por frío pueden acelerar las pérdidas de vitamina C (Miller y Heilman, 1952). En nuestro trabajo, ni la AI ni el aumento en la exposición al frío afectaron los contenidos en vitamina C. Tampoco los tratamientos aplicados provocaron diferencias en la capacidad antioxidante de las mandarinas,

en analogía con trabajos anteriores en los que se señala que en los cítricos, la vitamina C es el principal responsable de su capacidad antioxidante (Sanchez-Moreno et al., 2003).

CONCLUSIONES

La combinación de la aplicación de frío (1,5°C) durante 6 días seguido de una AI del 95% de CO₂ durante 20 h no deteriora la calidad sensorial ni nutricional de las frutas. Asimismo, tampoco produce alteraciones fisiológicas, por lo que se posibilita su utilización como tratamiento cuarentenario una vez demostrada su eficacia en el control de la mosca del mediterráneo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al INIA la financiación de este trabajo a través del proyecto RTA03-103-C6-1 y de la beca predoctoral otorgada a Alicia Marcilla. Asimismo quieren agradecer al CONACYT la beca otorgada a Adriana Contreras.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, M., Jacas, J., del Río, M.A., 2005a. Carbon dioxide diminishes cold tolerance of third instar larvae of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) in 'Fortune' mandarins: implications for citrus quarantine treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 36: 103-111.
- Alonso, M., Palou, L., Jacas, J., del Río, M.A., 2005b. Effect of short-term exposure to CO₂-enriched atmospheres on 'Valencia' orange quality. *Acta Horticulturae*, 682: 1077-1082.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 28: 25-30.
- Davis, P., Roe, R., Bruemmer, J., 1973. Biochemical changes in citrus fruits during controlled-atmosphere storage. *Journal of Food Science*, 4: 117-119.
- Hagenmaier, R.D. 2002. The flavor of mandarin hybrids with different coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 24: 79-87.
- Hallman G.J. 1999. Ionizing radiation quarantine treatments against tephritid fruit flies *Postharvest Biology and Technology*, 16: 93-106.
- Ito, S., Kakiuchi, N., Izumi, Y., Iba, Y. 1974. Studies on the controlled atmosphere storage of satsuma mandarin. *Bulletin of the fruit Tree Research Station B Okitsu*, 1: 39-58.
- Ke, D. y Kader, A.A. 1990. Tolerance of 'Valencia' oranges to controlled atmospheres as determined by physiological responses and quality attributes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115: 779-783.
- Ke, D. y Kader, A.A. 1992. Potential of controlled atmospheres for post-harvest insect disinfestation of fruits and vegetables. *Postharvest News and Information*, 3: 31N-37N.
- Ke, D.Y., Rodriguez-Sinobas, L., Kader, A.A. 1991. Physiology and prediction of fruit tolerance to low-oxygen atmospheres. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(2): 253-260.
- Lee, K. y Kader, A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20: 207-220.
- Miller, E.V. y Heilman, A.S. 1952. Ascorbic acid and physiological breakdown in the fruits of the pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.). *Science*, 116: 505-506.

- Pesis, E. y Avissar, I. 1989. The post-harvest quality of orange fruits as affected by pre-storage treatments with acetaldehyde vapour or anaerobic conditions. *Journal of Horticultural Science*, 118: 481-485.
- Rojas-Argudo, C., Palou, L., del Río, M.A. 2006. Aplicación de choques de CO₂ a temperatura ambiental y de curado en mandarinas cv. Ortanique. Influencia sobre la fisiología y calidad del fruto. En: *Innovaciones Fisiológicas y Tecnológicas de la Maduración y Postrecolección de Frutas y Hortalizas*. Ed. D. Valero, M. Serrano, Orihuela, España. p. 735-738.
- Salvador, A., Carvalho, C.P., Monterde, A. and Martínez-Jávega, J.M. 2006. 1-MCP Effect on chilling injury development in 'Nova' and 'Ortanique' mandarins. *Food Science and Technology International*, 12:165-170.
- Sanchez-Mata, M.C., Camara-Hurtado, M., Diez-Marques, C., Torija-Isasa, M.E. 2000. Comparison of high-performance liquid chromatography and spectrofluorimetry for vitamin C analysis of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European Food Research and Technology*, 210(3):220-225.
- Sánchez-Moreno, C., Plaza, L., de Ancos, B., Cano, M.P. 2003. Quantitative bioactive compounds assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity of commercial orange juice. *Journal of the Food Science and Agriculture*, 83:430-439.
- Thompson, A.K. 2004. *Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables*. CAB Int., Wallingford, UK, p. 56-70.
- USDA-APHIS, [United States Department of Agriculture –Animal and Plant Health Inspection Service] 2002. Importation of Clementines from Spain. Final rule. *Federal Register* 67, 64701-64739.

Tabla 1. Desórdenes fisiológicos y contenidos en etanol de mandarinas ‘Clemenules’ almacenadas a 1,5°C durante 6, 9, o 12 días y posteriormente expuestas 20 h a aire a 20 °C (control) o a atmósfera insecticida (AI, 95% CO₂) a 20 o 25 °C seguido de una simulación de la comercialización de 7 días a 20°C.

Periodo de cuarentena a 1,5°C (días)	Tratamiento AI	Desórdenes fisiológicos (0-3)	Etanol (mg/100 ml)
Inicial		0 ± 0	6,37±0,41
6	Control	0 ± 0 a	32,74 ± 1,50 c
	20 °C	0 ± 0 a	78,09 ± 1,30 b
	25 °C	0 ± 0 a	97,90 ± 1,32 a
9	Control	0 ± 0 a	30,40 ± 0,89 c
	20 °C	0 ± 0 a	112,98 ± 6,78 a
	25 °C	0 ± 0 a	91,81 ± 2,25 b
12	Control	0 ± 0 b	27,26 ± 1,02 c
	20 °C	1,65 ± 0,23 a	94,38 ± 4,73 b
	25 °C	1,58 ± 0,18 a	113,64 ± 2,44 a

Para cada periodo de cuarentena, medias (±error típico) seguidas de diferente letra son diferentes (DMS, $p=0.05$)

Tabla 2. Evaluación sensorial de mandarinas ‘Clemenules’ almacenadas en frío a 1,5°C durante 6, 9, o 12 días y posteriormente expuestas 20 h a aire a 20 °C (control) o a atmósfera insecticida (AI, 95% CO₂) a 20 o 25°C seguido de una simulación de la comercialización de 7 días a 20°C.

Periodo de cuarentena a 1,5°C (días)	Tratamiento AI ^x	Sabor global (1-9)	Malos sabores (0-5)
Inicial		7,05±0,36	1,20±0,13
6	Control	4,70±0,33 a	2,80±0,38 a
	20 °C	5,50±0,30 a	2,10±0,34 a
	25 °C	4,40±0,61 a	3,15±0,48 a
9	Control	4,03±0,38 a	3,21±0,41 a
	20 °C	5,00±0,36 a	2,28±0,36 a
	25 °C	4,71±0,38 a	2,39±0,37 a
12	Control	5,44±0,44 a	2,22±0,40 b
	20 °C	2,42±0,61 b	4,21±0,48 a
	25 °C	3,12±0,81 b	3,75±0,60 a

Para cada periodo de cuarentena, medias (±error típico) seguidas de diferente letra son diferentes (DMS, $p=0.05$)

Tabla 3. Contenido en vitamina C y capacidad antioxidante (EC_{50}) de mandarinas ‘Clemenules’ almacenadas en frío a 1,5°C durante 6, 9, o 12 días y posteriormente expuestas 20 h a aire a 20 °C (control) o a atmósfera insecticida (AI, 95% CO₂) a 20 o 25 °C seguido de una simulación de la comercialización de 7 días a 20°C.

Periodo de cuarentena en frío (días)	Tratamiento AI ^x	Vitamina C total (mg/100 ml zumo)	EC_{50} (l zumo/ kg DPPH•)
Inicial		32,73 ± 1,73	391,45 ± 23,70
6	Control	29,03 ± 1,56 a	331,01 ± 15,29 a
	20 °C	29,74 ± 2,36 a	355,77 ± 23,15 a
	25 °C	29,75 ± 1,46 a	395,46 ± 34,56 a
9	Control	29,35 ± 1,50 a	388,90 ± 10,41 a
	20 °C	35,98 ± 1,04 b	376,84 ± 38,41 a
	25 °C	30,04 ± 0,34 a	408,46 ± 16,53 a
12	Control	28,72 ± 0,92 a	377,79 ± 14,40 a
	20 °C	29,60 ± 2,33 a	433,95 ± 13,19 a
	25 °C	32,22 ± 1,16 a	381,32 ± 27,03 a

Para cada periodo de cuarentena, medias (\pm error típico) seguidas de diferente letra son diferentes (DMS, $p=0.05$)