

(S8-O157)

ESTABILIDAD DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS DE FRESA SOMETIDA A TRATAMIENTOS POSTCOSECHA OXIDATIVOS Y ATMOSFERICOS

**ALICIA MARÍN, BEGOÑA BUENDÍA, ANA ALLENDE Y FRANCISCO A.
TOMÁS-BARBERAN.**

Grupo de Investigación en Calidad, Seguridad y Bioactividad de Alimentos Vegetales, CEBAS-CSIC,
Campus Universitario, Apdo. 164, 30100 Espinardo Murcia, España. E-mail: fatomas@cebas.csic.es
Teléfono: +34 968 396334 Fax: +34 968 396213

Palabras clave: Ultravioleta-C – ozono – atmósferas modificadas – microorganismos alterantes – vitamina C – polifenoles – antocianos – procianidinas – elagitaninos.

RESUMEN

La fresa es un fruto muy perecedero que necesita de tratamientos de postcosecha para prolongar su vida útil. En este estudio, se ha evaluado el uso de distintos tratamientos postcosecha: ozono (O₃) gas, luz ultravioleta (UV-C) y el envasado en atmósferas modificadas (EAM), enriquecidas en O₂ y/o CO₂, en los constituyentes bioactivos de la fresa. En un primer ensayo, fresa de la variedad *Camarosa* fue sometida a diferentes dosis de luz UV-C (1, 5, 10 y 15 kJ m⁻²) y O₃ gas (5000, 10000, 150000, 20000 ppm) con el objetivo de seleccionar las dosis óptimas de los tratamientos oxidativos. Se observó que las dosis más bajas de luz UV-C y O₃ gas fueron los únicos tratamientos que no perjudicaron la calidad organoléptica del fruto, por lo que 1 kJ m⁻² de luz UV-C y 5000 ppm de O₃ gas se seleccionaron para los ensayos de conservación en atmósfera modificada. La estabilidad de los compuestos bioactivos presentes en fresa tratada con distintos tratamientos postcosecha se evaluaron a lo largo de 12 días de conservación a 2°C. En los dos estudios llevados a cabo se observó que dosis de 1 kJ m⁻² de luz UV-C y 5000 ppm O₃ gaseoso redujeron de una forma significativa el contenido fenólico de las fresas, al igual que la conservación en alto O₂ (≥ 60 kPa) y alto CO₂ (≥10 kPa) a partir del quinto día de conservación. La calidad organoléptica de la fresa fue puntuada como buena a lo largo de la conservación, excepto por el sabor de las fresas conservadas en EAM, evaluada como regular al cabo de 9 y 12 días de conservación.

ABSTRACT

The short postharvest self-life of strawberries encourages the use of decay-control techniques. In this study, modified atmosphere packaging (MAP), gaseous ozone (O₃), and ultraviolet-C (UV-C) light have been evaluated as novel postharvest techniques to prolong self-life and maintain quality of strawberries. In the first experience, strawberries of the variety *Camarosa* were treated with different doses of UV-C light (1, 5, 10 and 15 kJ m⁻²) and gaseous O₃ (5000, 10000, 150000, 20000 ppm) to adjust the optimal doses of these oxidative treatments. The lowest UV-C (1 kJm⁻²) and gaseous O₃ (5000 ppm) doses were selected for the storage assays, as the rest of the doses provoked browning and drying of the strawberry calyx. The effect of UV-C light, gaseous O₃, superatmospheric O₂ and CO₂-enriched atmospheres applied individually and in combination on the bioactive constituents and self-life of strawberries were evaluated during 12 days at 2°C. In general, phenolic content of UV-C and gaseous O₃ treated strawberries was significantly reduced when compared to untreated samples. After 5 days, strawberries stored under superatmospheric O₂ (≥ 60 kPa) and CO₂-

enriched (≥ 10 kPa) concentration showed lower total phenolic content. In general, overall quality was good in all samples throughout the self-life except for flavour scores of MAP strawberries, which were clearly lower than air-stored samples after 9 and 12 days of storage

INTRODUCCIÓN

España es uno de los principales exportadores de fresa, centrándose su producción fundamentalmente en la provincia de Huelva. La fresa es uno de los frutos más perecederos dentro del abanico de nuestros productos hortofrutícolas, presentando una alta actividad respiratoria, lo que acelera su degradación durante la conservación. Los tratamientos postcosecha más utilizados para el control de podredumbres y ralentización del metabolismo son la temperatura de refrigeración y el envasado en atmósferas modificadas (EAM) con concentraciones elevadas de CO_2 (15-20 kPa) (Mitcham, 2004). Atmósferas enriquecidas en CO_2 ayudan a prolongar la vida útil de la fresa (Li and Kader, 1989), aunque en algunos casos, pueden dar lugar a procesos de fermentación, desordenes fisiológicos, maduración irregular de los frutos y malos olores (Kader, 1995; Wszelaki y Mitcham, 2000). Una alternativa al uso de las atmósferas modificadas convencionales es el uso de elevadas concentraciones de oxígeno durante la conservación ($\geq 70\%$), las cuales inhiben el crecimiento de bacterias, levaduras y mohos y previenen las condiciones de anaerobiosis (Allende et al. 2002; Van der Steen et al. 2002).

Con el fin de prolongar la vida útil y mantener la calidad de las frutas y hortalizas, se puede recurrir al uso de tratamientos postcosecha. Entre los posibles tratamientos, la luz UV-C y los choques de elevadas dosis de O_3 gas son dos tecnologías emergentes, que han demostrado su eficacia. La mayoría de los estudios se han centrado en la efecto antimicrobiano de estos dos tratamientos en frutas enteras (Kim et al. 1999; Marquenie et al. 2002b, Palou et al. 2002; Pan et al. 2004). Sin embargo, sólo unos pocos trabajos se han preocupado del efecto que estos tratamientos pueden tener en los compuestos bioactivos de frutas y hortalizas (Artés-Hernández et al. 2003; Cantos et al. 2000; González-Barrio et al., 2006).

La fresa es una excelente fuente de compuestos antioxidantes como la vitamina C y los compuestos fenólicos tales como los antocianos, responsables del color rojo del fruto, los flavonoides, entre los que destacan los flavan-3-oles, y ácidos fenólicos (Guo et al. 2003; Sun et al. 2002). La vitamina C posee propiedades oxidantes, las cuales ayudan a prevenir procesos degenerativos (Davey et al. 2000). Los compuestos fenólicos se asocian a la prevención de enfermedades cardiovasculares, cáncer y procesos inflamatorios. (Rimm et al. 1996, Hertog, M. 1997, Knekt et al. 1996). Sin embargo, una mala manipulación y conservación durante la postcosecha puede ocasionar pérdidas importantes de sus compuestos bioactivos.

El objetivo de este estudio ha sido estudiar el efecto individual y combinado de diferentes dosis de luz UV-C, O_3 gaseoso y atmósferas enriquecidas en CO_2 y O_2 en los compuestos bioactivos de la fresa a lo largo de 12 días a 2 °C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Las fresas (*Fragaria × ananassa* D.) de la variedad *Camarosa* fueron suministradas por un distribuidor local. Los frutos se transportaron en condiciones de refrigeración hasta los laboratorios del CEBAS –CSIC y preenfriaron a 2°C durante 24 h. Para la experiencia se seleccionaron fresas con igual grado de madurez y libres de golpes o roces.

Tratamientos de UV-C y O₃

Los experimentos se llevaron a cabo en una planta piloto en el CEBAS-CSIC de acuerdo con las normas de seguridad y protección. Las dosis de luz UV-C ensayadas fueron 1, 5, 10, 15 kJ m⁻² y las concentraciones de O₃ gaseoso en aire fueron 5000, 10000, 15000 y 20000 ppm (v/v) (22°C, 98% HR y a presión atmosférica). Todos los tratamientos se aplicaron a 10°C.

Alto O₂ y alto CO₂

Muestras de 250 g de fresas se colocaron en envases de polipropileno (185×138×32 cm) utilizando un film perforado para los frutos conservados en aire y un film barrera para los envases en atmósferas enriquecidas en O₂ y CO₂. El EAM activa se obtuvo mediante barrido de las barquetas con la composición gaseosa deseada: **(1)** alto O₂ (≥80 kPa O₂) y **(2)** alto CO₂ (10 kPa CO₂).

El control microbiológico, evaluación organoléptica y seguimiento de los compuestos bioactivos en fresa se realizó al inicio de la conservación y después de 5, 9 y 12 días de conservación a 2°C.

Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se llevó a cabo siguiendo los protocolos estándares descritos previamente por Allende et al. (2002). Plate count agar (Scharlau Chemie S.A., Barcelona, España) incubado a 30 °C durante 24-48 h se utilizó para el recuento de bacterias aerobias mesófilas. Los recuentos microbianos se expresaron como log₁₀ cfu g⁻¹.

Extracción y análisis de vitamina C

La extracción y determinación de la vitamina C se realizó según el método descrito por Marín et al. (2004).

Extracción y análisis de compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos se extrajeron a partir de 1g de fresa liofilizada homogenizada con 20 mL de medio de extracción (Acetona/agua/ácido acético; 70/29,5/0,5). El homogenizado se sonicó durante 37 min y se centrifugó a 4000 g durante 15 min. El sobrenadante se concentró en un rotavapor a vacío y a 35 °C para eliminar la acetona. La fracción acuosa se pasó a través de un Sep-Pak C₁₈ activado y seguidamente por un filtro de 0,45 µm para su análisis por HPLC.

El equipo HPLC utilizado para el análisis de los compuestos fenólicos fue el descrito por Marín et al. (2004), con una columna Mediterranea C₁₈ (25× 0,4 cm²; 5µm de tamaño de partícula, Tecknocroma, Barcelona, España) en fase reversa. La elución se realizó utilizando como fase móvil agua: ácido fórmico (95/5; v/v) (A) y acetonitrilo (B), de la siguiente manera; inicialmente un gradiente lineal de 5% de B en A hasta alcanzar 60% de B en A en 60 min y posteriormente un gradiente isocrático de 90% de B en A durante 10 min. El flujo fue de 1 mL/min y los cromatogramas se registraron a 280 nm para cuantificar procianidinas y elagitaninos, 320 nm para ácidos hidroxicinámicos, 360 nm para flavonoles y ácidos elágicos y a 510 nm para antocianos. Para la identificación de los compuestos fenólicos se utilizó el equipo HPLC-MS descrito por Marín et al. (2004). Las procianidinas se cuantificaron como catequina, elagitaninos como vescalagina y los antocianos como cianidina 3-*O*-glucósido. Los compuestos fenólicos se identificaron por sus espectros UV y masas moleculares de los fragmentos, registrados con detectores de red de diodos y HPLC-MS. Las concentraciones se expresaron en mg 100 g⁻¹ peso fresco.

Diseño experimental y análisis estadístico

En el primer ensayo se optimizaron las dosis adecuadas para los tratamientos de luz UV-C y O₃ gaseoso. Una vez optimizados estos parámetros se estudió el efecto de los tratamientos oxidativos (UV-C y O₃) y las atmósferas de conservación sobre las muestras. Este estudio se llevó a cabo por duplicado. En cada uno de los ensayos, los análisis se llevaron a cabo por triplicado. Se evaluaron un total de 9 tratamientos: (1) fruta sin tratar y conservada en aire (Aire), (2) fruta sin tratar conservada en alto O₂ (O₂), (3) fruta sin tratar y conservada en alto CO₂ (CO₂), (4) fruta tratada con 5000 ppm de O₃ gas y conservada en aire (O₃), (5) fruta tratada con 1 kJ m⁻² de luz UV-C y conservada en aire (UV-C), (6) fruta tratada con 5000 ppm de O₃ gas y conservada en alto O₂ (O₃ + O₂), (7) fruta tratada con 5000 ppm O₃ gas y conservada en alto CO₂ (O₃ + CO₂), (8) fruta tratada con 1 kJ m⁻² de luz UV-C y conservada en alto CO₂ (UV-C + CO₂), (9) fruta tratada con 1 kJ m⁻² de luz UV-C y conservada en alto O₂ (UV-C + O₂). El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo mediante el programa informático SPSS (Windows 2000, Statistical Analysis).

RESULTADOS Y DISCUSION

Selección de las dosis óptimas de los tratamientos postcosecha

Efecto de los tratamientos oxidativos (luz UV-C y O₃) en el contenido en vitamina C y calidad microbiológica y organoléptica de la fresa. Los distintos tratamientos oxidativos aplicados a la fresa modificaron el contenido total de vitamina C a lo largo de los 8 días de conservación a 2 °C (figuras 1 y 2). Durante el inicio de la conservación, no hubo diferencias muy significativas entre el control y el resto de tratamientos de luz UV-C, observándose valores entre 30 y 40 mg 100 g⁻¹ p.f. Sin embargo, al cabo de 8 días, todos los tratamientos de luz UV-C redujeron el contenido total de vitamina C en la fresa, con respecto del control. Por otro lado, la dosis más alta de O₃ gaseoso provocó un aumento inicial del contenido de vitamina C en la fresa. A pesar de este incremento inicial, al final de la conservación a 2 °C no se vieron diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Cuando se evaluó la carga microbiana de la fresa tratada con los tratamientos oxidativos a lo largo de su conservación a 2 °C, se observó que las dosis más bajas de luz UV-C (1 y 5 kJ m⁻²) y O₃ gas (5.000 y 10.000 ppm) no fueron capaces de reducir el recuento de mesófilos totales comparado con el control (figura 3). Sin embargo, las dosis más elevadas de luz UV-C y O₃ gas redujeron los recuentos de mesófilos totales en aproximadamente 1 y 2 unidades logarítmica respectivamente, cuando se compararon con el control.

Por otro lado, el factor determinante a la hora de seleccionar las dosis óptimas de los tratamientos oxidativos, fue la calidad organoléptica del producto. Se observó que las fresas tratadas con dosis elevadas de luz UV-C y O₃ gaseoso modificaban considerablemente el color del cáliz, favoreciendo la aparición de tonalidades pardas, en lugar de su característico color verde. Después de 3 días de conservación, sólo las fresas tratadas con las dosis más bajas de luz UV-C y O₃ gaseoso fueron aceptadas por el panel de catadores, ya que no presentaban daños en el cáliz, mientras que el resto de tratamientos afectaron negativamente a la calidad de la fresa.

Basándose en los datos obtenidos de vitamina C, recuentos microbiológicos y calidad organoléptica, se decidió utilizar las dosis más bajas de luz UV-C (1 kJ m⁻²) y O₃ gaseoso (5000 ppm), así como su combinación con atmósferas controladas, como tratamientos emergentes para la conservación de la fresa entera.

Influencia de los tratamientos postcosecha seleccionados en el contenido fenólico

Los análisis de HPLC revelaron que los principales flavonoides presentes en la fresa fueron antocianos, procianidinas y elagitaninos y en menor proporción flavonoles, ácidos elágicos, los derivados de éste y *p*-cumaroil glucosa.

Efecto de los tratamientos oxidativos (UV-C y O₃). Al inicio de la conservación el contenido en fenoles totales estuvo dentro del rango de 48.5 – 53.0 mg 100g⁻¹ p.f. Los compuestos fenólicos disminuyeron con la conservación, independientemente del tratamiento oxidativo utilizado, alcanzando al cabo de 12 días de conservación concentraciones cercanas a 22.0 mg 100 g⁻¹ pf. Cuando analizamos individualmente los principales flavonoides en fresa, observamos que las procianidinas disminuyeron después de los tratamientos con O₃ y UV-C hasta un 74 y 64% respectivamente, con respecto a las fresas no tratadas (figura 4). Los antocianos solo fueron afectados por el tratamiento de O₃ gaseoso (figura 4), mientras que la concentración de elagitaninos no fue afectada inicialmente por ninguno de los tratamientos oxidativos estudiados (figura 4). Nuestros resultados están de acuerdo con los publicados por Pan et al. (2004), que comprobaron que en fresas tratadas con dosis de UV-C de 4,16 kJ m⁻², el contenido en fenoles totales determinado por el método Folin Ciocalteu, fue menor que en fresas no tratadas. Asimismo, Pérez et al. (1999) encontraron una disminución en el contenido de antocianos en fresas de la variedad *Camarosa* cuando estas fueron conservadas en una atmósfera con 0,35 ppm de O₃ durante 3 días a 2°C.

Efecto de las atmósferas de conservación (alto CO₂ y alto O₂). Los EAM utilizados a lo largo de la conservación afectaron significativamente al contenido en compuestos fenólicos totales de la fresa, mostrando una mayor pérdida de estos durante los primeros 5 días de conservación. Cuando el contenido en compuestos fenólicos individuales fue estudiado, se observó que la concentración de antocianos en fresa fue mejor preservado en atmósferas enriquecidas en O₂ (figura 5), mientras que las procianidinas se vieron favorecidas en atmósferas con una elevada concentración de CO₂ (figura 6). Así, atmósferas enriquecidas en O₂ y CO₂ disminuyeron el contenido en elagitaninos a un 70 y 60 % respectivamente después de 5 días de conservación. (figura 7). De acuerdo con los datos obtenidos, estudios previos observaron un menor contenido fenólico en fresas conservadas en atmósferas con una alta concentración de O₂ y CO₂, cuando se comparaban con la conservación en aire (Gil et al., 1997; Pérez y Sanz, 2001; Zheng et al., 2007). Estos resultados pueden ser explicados como consecuencia del retraso en los procesos de maduración que sufren los frutos como consecuencia de atmósferas enriquecidas en O₂ y CO₂ (Kader 1995; Wszelaki and Mitcham, 2000). Zeng et al. (2007) observaron que altas dosis de O₂ pueden inducir la acumulación de compuestos fenolicos durante las etapas iniciales de la conservación, pudiendo verse promovida la oxidación de estos compuestos en etapas posteriores de la misma.

CONCLUSIONES

Los tratamientos postcosecha evaluados en este estudio afectaron el contenido de compuestos bioactivos en la fresa. Las dosis más bajas de los tratamientos oxidativos seleccionados (1 kJ m⁻² de luz UV-C y 5000 ppm de O₃ gas) fueron seleccionados por no alterar la calidad organoléptica del producto. Sin embargo, las diferentes dosis de luz UV-C redujeron el contenido en vitamina C al final de la conservación con respecto a la fresa control, mientras que las concentraciones de O₃ gaseoso evaluadas no provocaron pérdidas de vitamina C tras 8 días de conservación. Tal y cómo se esperaba, las dosis más elevadas de luz UV-C y O₃ gaseoso fueron los tratamientos que más redujeron la carga microbiana de la fresa. Por otro lado, los tratamientos oxidativos ensayados (UV-C y O₃ gaseoso) redujeron el contenido de fenoles totales en fresa, tras su aplicación. Los resultados obtenidos en este

ensayo confirman que las atmósferas enriquecidas en O₂ y CO₂, reducen el contenido total de compuestos fenólicos, siendo las procianidinas los compuestos más afectados.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la Comisión Europea FLAVO (Flavonoids in fruits and vegetables: their impact on food quality, nutrition and human health) y al proyecto AGL2004-03060 por la financiación económica.

REFERENCIAS

- Allende, A., Jacxsens, L., Devlieghere, F., Debevere, J., Artés, F., 2002. Effect of super atmospheric oxygen packaging on sensorial quality, spoilage, and *Listeria monocytogenes* and *Aeromonas caviae* growth in fresh processed 1 mixed salads. *J. Food Prot.* 65, 1565–1573.
- Artés-Hernández, F., Artés, F., Tomás-Barberán, F.A., 2003. Quality and enhancement of bioactive phenolics in cv. *Napoleon* table grapes exposed to different gaseous treatments. *J. Agric. Food Chem.* 51, 5290–5295.
- Cantos, E., García-Viguera, C., de Pacual-Teresa, S., Tomás-Barberán, F.A., 2000. Effect of postharvest ultraviolet irradiation on resveratrol and other phenolics of cv. *Napoleon* table grapes. *J. Agric. Food Chem.* 48, 4606–4612.
- Davey, M.W., Montagu, M. V., Inzé, D., Sanmartín, M., Kanellis, A., Sminorff, N., Benzie, I.J.J., Strain, J.J., Favell, D., Fletcher, J. 2000. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *J. Sci. Food Agric.* 80, 825–860.
- Gil, M.I., Holcroft, D.M., Kader, A.A., 1997. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. *J. Agric. Food Chem.* 45, 1662–1667.
- González-Barrio, R., Beltrán, D., Cantos, E., Gil, M.I., Espín, J.C., Tomás-Barberán, F., 2006. Comparison of ozone and UV-C treatments on the postharvest stilbenoid monomer, dimer, and trimer induction in var. ‘Superior’ white table grapes. *J. Agric. Food Chem.* 54, 4222–4228.
- Guo, c.J., Yang, J.J., Wei, j.Y., Li, Y.F., Xu, J., Jiang, Y.G. 2003 Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutr. Res.* 2003, 23, 1719–1726.
- Hertog, M.G.L., Sweetnam, P.M., Fehily, A.M., Elwood, P.C., Kromhout, D. 1997. Antioxidant flavonols and ischaemic heart disease in a Welsh population of men. The caerphilly study. *Am. J. Clin. Nutr.* 65, 1489–1494.
- Kader, A.A., 1995. Regulation of fruit physiology by controlled: modified atmospheres. *Acta Hort.* 398, 59–70.
- Knekt, P., Jarvinen, R., Reunanen, A., Maatela, J. 1996. Flavonoid intake and coronary mortality in Finland: a cohort study. *Br. Med. J.* 312, 478–481.
- Kim, J.G., Yousef, A.E., Dave, S., 1999. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. *J. Food Prot.* 62, 1071–1087.
- Li, C., Kader, A.A., 1989. Residual effects of controlled atmospheres on postharvest physiology and quality of strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114, 629–634.
- Marín, A., Ferreres, F., Tomás-Barberán, F.A., Gil, M.I. 2004. Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). *J. Agric. Food Chem.* 52, 3861–3869.
- Marquenie, D., Michiels, C.W., Geeraerd, A.H., Schenk, A., Soontjens, C., Van Impe, J.F., Nicolaï, B.M., 2002b. Using survival analysis to investigate the effect of UV-C and heat treatment on storage rot of strawberry and sweet cherry. *Int. J. Food Microb.* 73, 187–196.

- Mitcham, E.J., 2004. Strawberry. In: Gross, Kenneth C., Chien Yi Wang, and Mikal Saltveit (Eds). *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Crops*. An Adobe Acrobat pdf of a draft version of the forthcoming revision to U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 66 on the website of the USDA, Agricultural Research Service, Beltsville Area <<http://usna.usda.gov/hb66/contents.html>. (November 25, 2006).
- Palou, L., Crisosto, C.H., Smilanick, J.L., Adaskaveg, J.E., Zoffoli, J.P., 2002. Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological response of peaches and table grapes in cold storage. *Postharvest Biol. Tech.* 24, 39–48.
- Pan, J., Vicente, A.R., Martínez, G.A., Chaves, A.R., Civello, P.M., 2004. Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. *J. Sci. Food Agric.* 84, 1831–1838.
- Pérez, A.G., Sanz, C., 2001. Effect of high-oxygen and high-carbon-dioxide atmospheres on strawberry flavor and other quality traits. *J. Agric. Food Chem.* 49, 2370–2375.
- Pérez, A.G., Sanz, C., Ríos, J.J., Olías, R., Olías, J.M., 1999. Effect of ozone treatment on postharvest strawberry quality. *J. Agric. Food Chem.* 47, 1652–1656.
- Rimm, E.B., Katan, M.B., Ascherio, A., Stampfer, M.J., Willet, W.C. 1996. Relation between intake of flavonoides and risk of coronary heart disease in male health professionals. *Ann. Intern. Med.* 125, 384–389.
- Sun, J., Chu, Y.F., Wu, X.Z., Liu, R. H. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. *J. Agric. Food Chem.* 51, 6887–6892.
- Van der Steen, C., Jacxsens, L., Devlieghere, F., Debevere, J., 2002. Combining high oxygenatmospheres with low oxygen modified atmosphere packaging to improve the keeping quality of strawberries and raspberries. *Postharvest Biol. Tech.* 26, 49–58.
- Wszelaki, A.L., Mitcham, E.J., 2000. Effects of superatmospheric oxygen on strawberry fruit quality and decay. *Postharvest Biol. Tech.* 20, 125–133.
- Zheng, Y., Wang, S.Y., Wang, C.Y., Zheng, W., 2007. Changes 1 in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. *Food SciTechnol. (Lebensm.-Wiss. u.- Technol.)* 40, 49 – 57.

TABLAS Y FIGURAS

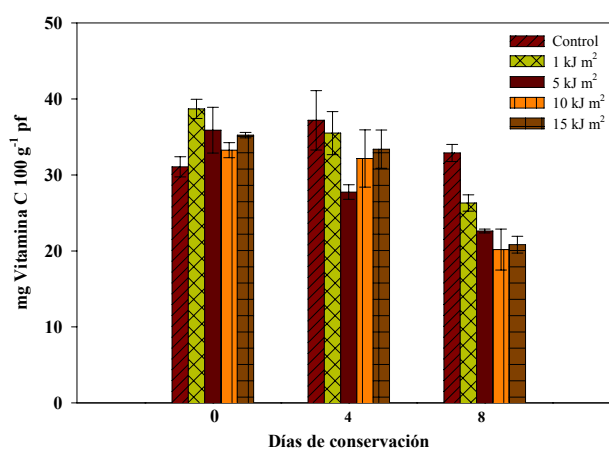


Figura 1. Evolución de la vitamina C en fresas tratadas con diferentes dosis de luz UV-C a lo largo de 8 días de conservación a 2 °C.

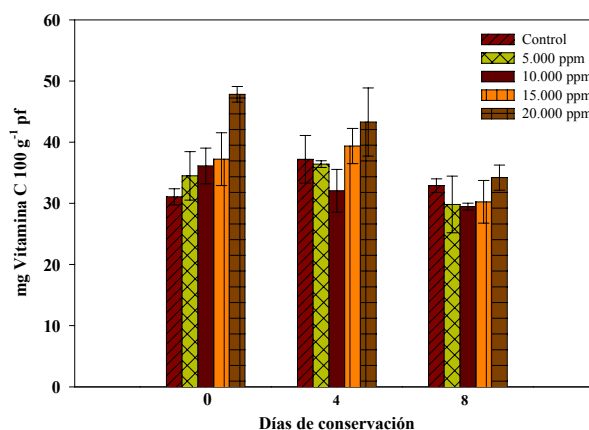


Figura 2. Evolución de la vitamina C en fresas tratadas con diferentes dosis de O₃ gaseoso a lo largo de 8 días de conservación a 2 °C.

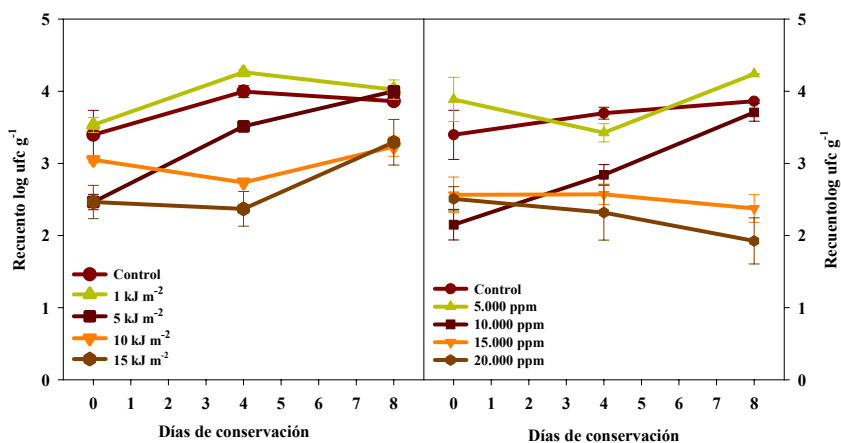


Figura 3. Recuento de mesófilos totales en fresas tratadas con diferentes dosis de luz UV-C y O₃ gaseoso a lo largo de 8 días de conservación a 2 °C.

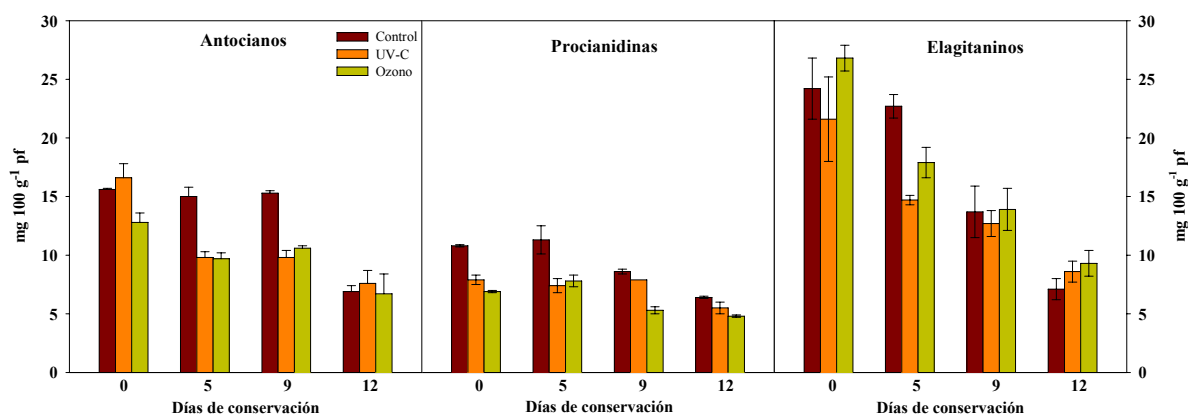


Figura 4. Evolución del contenido de antocianos, procianidinas y elagitaninos en fresas tratadas con diferentes dosis de luz UV-C y O₃ gaseoso a lo largo de 12 días de conservación a 2 °C.

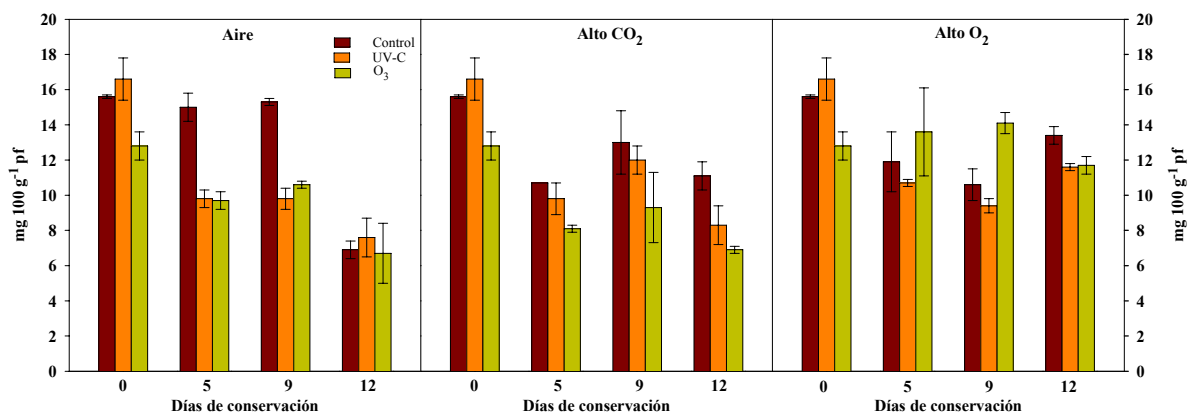


Figura 5. Evolución del contenido de antocianos en fresas tratadas con luz UV-C y O₃ gaseoso y conservadas en aire, alto CO₂ y alto O₂ durante 12 días a 2 °C.

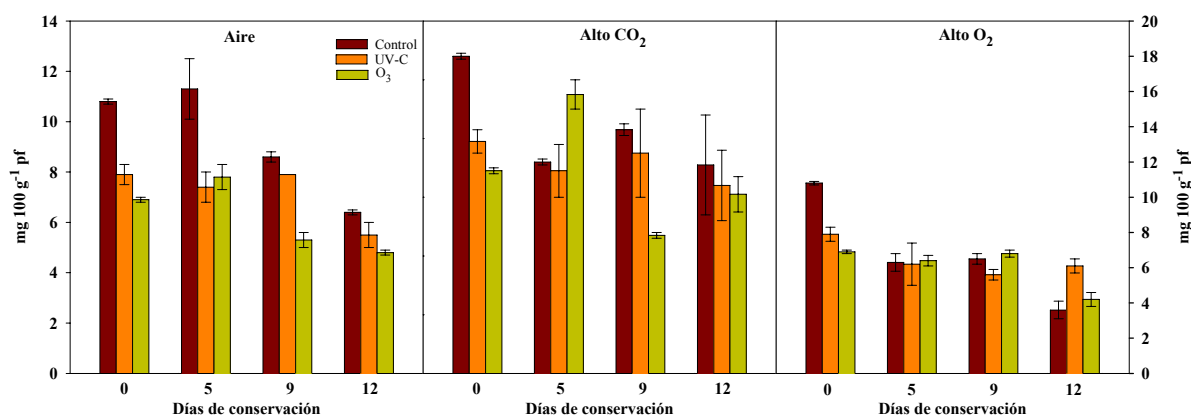


Figura 6. Evolución del contenido de procianidinas en fresas tratadas con luz UV-C y O₃ gaseoso y conservadas en aire, alto CO₂ y alto O₂ durante 12 días a 2 °C.

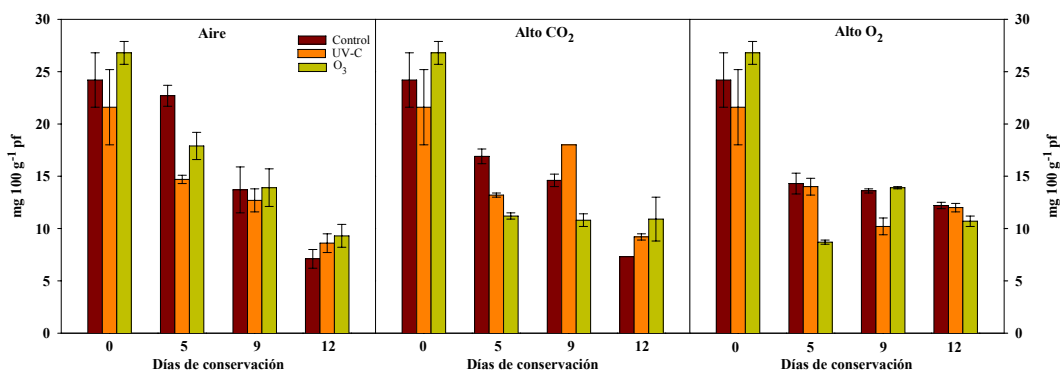


Figura 7. Evolución del contenido de elagitaninos en fresas tratadas con luz UV-C y O₃ gaseoso y conservadas en aire, alto CO₂ y alto O₂ durante 12 días a 2 °C.