



Revista Iberoamericana de Tecnología
Postcosecha

ISSN: 1665-0204

rebasa@hmo.megared.net.mx

Asociación Iberoamericana de Tecnología
Postcosecha, S.C.
México

Andrade-Cuvi, María José; Moreno-Guerrero, Carlota; Henríquez-Bucheli, Alejandra; Gómez-Gordillo,
Alejandra; Concellón, Analía

INFLUENCIA DE LA RADIACIÓN UV-C COMO TRATAMIENTO POSTCOSECHA SOBRE
CARAMBOLA (Averroha carambola L.) MÍNIMAMENTE PROCESADA ALMACENADA EN
REFRIGERACIÓN

Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 11, núm. 1, 2010, pp. 18-27

Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C.

Hermosillo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81315093004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

INFLUENCIA DE LA RADIACIÓN UV-C COMO TRATAMIENTO POSTCOSECHA SOBRE CARAMBOLA (*Averroha carambola* L.) MÍNIMAMENTE PROCESADA ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN

Andrade-Cuvi, María José,^{1*} Moreno-Guerrero, Carlota¹, Henríquez-Bucheli, Alejandra¹; Gómez-Gordillo, Alejandra¹; Concellón, Analía^{2,3}.

¹Universidad Tecnológica Equinoccial, Centro de Investigación Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Laboratorios de Química y Microbiología de Alimentos. Av. Occidental y Mariana de Jesús, CP EC170129 Quito-Ecuador. *acmj2221@ute.edu.ec

² Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA). CCT La Plata, CONICET-UNLP. Calle 47 esq. 116. CP 1900. La Plata, Argentina.

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC-PBA)

Palabras clave: carambola minimamente procesada, radiación UV-C, postcosecha, antioxidantes

RESUMEN

La carambola (*Averroha carambola* L.) es una fruta exótica, subtropical, altamente perecedera, de origen asiático, perteneciente a la familia de las oxalidáceas, introducida en el Ecuador hace 30 años; apetecida por su forma de estrella de cinco puntas, utilizada para decoración y cocina gourmet. No se recomienda su almacenamiento a temperaturas menores a 5°C. Frutos recién cosechados, lavados y seleccionados, se cortaron en rodajas de 5 mm de ancho, se dividieron en dos grupos: frutos tratados (13 kJ/m²) y no tratados (controles) y se almacenaron en bandejas plásticas cubiertas con film PVC durante 21 días. A los 7, 14 y 21 días se determinó la pérdida de peso, acidez, pH, sólidos solubles y se observó visualmente el avance de pardeamiento, decaimiento y firmeza al tacto, contenido de fenoles totales, flavonoides y la actividad enzimática de superóxido dismutasa, catalasa y peroxidasa. No se observaron diferencias significativas en los parámetros físico-químicos analizados. A los 14 días los frutos control mostraron mayor pardeamiento y pérdida de firmeza; mientras que en frutos tratados los análisis microbiológicos evidenciaron menor crecimiento de mohos, manteniendo una buena calidad comercial en este período de almacenamiento. En los frutos tratados, se observó una acumulación del contenido de fenoles totales y flavonoides, compuestos con reconocida capacidad antioxidante. En el día 7, la actividad enzimática de SOD, CAT y POX fue mayor en frutos controles coincidente con la aparición de síntomas de daño, un comportamiento similar se observó el día 14 para frutos tratados, a excepción de POX. Los resultados sugieren que el tratamiento UV-C induce una variación en la actividad de enzimas antioxidantes (CAT, POX y SOD) y acumulación de fenoles que podría relacionarse con el incremento del tiempo de vida útil del producto.

INFLUENCE OF UV-C RADIATION AS POSTHARVEST TREATMENT ON FRESH CUTS OF STAR FRUIT OR CARAMBOLA (*Averroha carambola* L.) STORED UNDER REFRIGERATION.

Key words: fresh cuts of Star Fruit or Carambola, UV-C radiation, postharvest, antioxidants

ABSTRACT

Star fruit or Carambola (*Averroha carambola* L.) is an exotic fruit, asian, subtropical, highly perishable, belonging to the family of oxalidáceas, it was introduced in Ecuador 30 years ago, as desired by the five-pointed star shape, used for decorating and gourmet cuisine, it is not recommend storage at temperatures below 5 °C. On the other hand, that treatments based on UV-C radiation are an alternative technology capable of reducing the rate of maturation and the incidence of vegetative organisms by increasing the shelf life of fruits and vegetables and minimally processed whole. Tree-ripened, washed and selected slices were cut into 5 mm wide, divided into 2 groups: fruits treated (13 kJ/m²) and untreated (control) and stored in plastic trays covered with PVC film for 21days. At 7, 14 and 21 days was determined weight loss, acidity, pH, soluble solids and visually observed the progress of browning, decay and firmness to the touch, content of total phenols, flavonoids and enzyme

activity of superoxide dismutase, catalase and peroxidase. There were not significant difference in physical and chemical parameters analyzed. At 14 days the control fruit showed more browning and loss of firmness, while in fruit treated microbiological analysis showed slower growth of molds, maintaining a good quality in this periodic of storage. In the fruits treated, there was an accumulation of the contents of total phenolics and flavonoids, compounds with known antioxidant capacity. After of 7 days of storage, the enzymatic activity of SOD, CAT and POX was highest in control fruit coincident with the appearance of symptoms of damage, similar behavior was observed for fruits treated at 14 days, except POX. The results suggest that UV-C treatment induces a change in the activity of antioxidant enzymes (CAT, POX and SOD) and phenol accumulation might be related to increased lifetime of the product.

INTRODUCCION

Carambola (*Averrhoa carambola L.*)

Es una fruta exótica, subtropical, altamente perecedera, de origen asiático, perteneciente a la familia de las oxalidáceas, muy cotizada en mercados internacionales, introducida en el Ecuador hace 30 años, conocida popularmente como “fruta estrella” o “star fruit”. Tiene forma ovalada, alargada, con cinco aristas o alas y, al corte, de estrella de cinco puntas (figura 1). Es de pequeño tamaño, con una longitud que oscila entre 7 y 12 cm, tiene una piel fina, lustrosa y comestible, de color entre verde o dorado y amarillo-anaranjado cuando está madura. La pulpa es crujiente, de suave textura y amarilla vidriosa, la pulpa tiene pocas o ninguna semilla, es abundante, crujiente, jugosa y con un fino sabor agridulce.



Figura 1. Carambola (*Averrhoa carambola L.*)

En Ecuador, la carambola se cultiva principalmente en la zona subtropical. El rendimiento de producción promedio es de 28000 – 32000 kg/Ha (SIGAGRO, 2002). Se consume como fruta entera o se usa para la elaboración de vinos artesanales y decoración de platos en la cocina gourmet. Por sus características, la fruta entera es susceptible a

sufrir daños por magulladuras y ataque de mohos y una vez cortada presenta rápido pardeamiento, reduciendo su vida útil.

Productos mínimamente procesados

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas en fresco (IV Gama), constituyen un sector de rápido crecimiento en la industria de los alimentos. Las operaciones propias del procesamiento mínimo incluyen: lavado del producto entero, deshojado, pelado, deshuesado, cortado, lavado y desinfectado. Una vez que los productos se procesan, se empaquetan en bolsas selladas o en bandejas cubiertas con plásticos, con o sin atmósfera modificada para, posteriormente, ser almacenados y transportados bajo refrigeración (Lobo y González, sin fecha). Las modificaciones de calidad más importantes que sufren se deben a la presencia de superficies cortadas y tejidos vegetales dañados, a que dicho proceso no puede asegurar la esterilización o la estabilidad microbológica del producto y a que, su metabolismo sigue estando activo. Así, las reacciones de degradación que se producen afectan a cualidades organolépticas tales como el color, firmeza, aroma, sabor y valor nutricional (Lobo y González, sin fecha).

Con el fin de alargar el tiempo de vida útil de productos mínimamente procesados, en los últimos años se han estudiado tecnologías postcosecha como atmósfera modificada, aplicación de ozono, recubrimiento comestibles, radiación gamma, radiación UV-C, etc.

Se ha demostrado la efectividad del tratamiento con radiación UV-C en productos IV GAMA como mango (González-Aguilar y col., 2007), melón (Lamikanra y col., 2005), tuna (Piga y col.; 1998), brócoli (Costa y col., 2006), pimiento (Vicente y col., 2005), entre otros, siendo una alternativa tecnológica en la postcosecha de frutos exóticos enteros y mínimamente procesados.

Radiación ultravioleta (UV-C)

Actualmente, el uso de muchos tratamientos postcosecha con sustancias químicas causa problemas ecológicos o son potencialmente perjudiciales para el ser humano por lo que en muchos países se ha restringido su uso. Es necesario entonces, desarrollar métodos de control alternativos y seguros (Artés, 1995) como el uso de la radiación con luz UV-C como posible estrategia en la tecnología de poscosecha.

La radiación UV-C (254 nm) posee una importante acción bactericida y por otro lado, se propone su uso para producir un efecto beneficioso en los tejidos en respuesta a dosis bajas o subletales según el concepto de "hormesis" (Luckey, 1980).

La radiación UV-C se perfila como una de las tecnologías con mayor aplicación en el futuro, Cisneros-Zevallos (2003) sugiere la aplicación postcosecha de un tipo de estrés abiótico controlado (por ejemplo la exposición a luz UV-C) para inducir la producción e incremento de la síntesis de compuestos fotoquímicos con actividad nutracéutica o la reducción de compuestos indeseables. Así el control del estrés inducido por la luz UV-C puede usarse como una herramienta para reforzar las propiedades benéficas de productos frescos enteros o cortados. Se ha reportado que la exposición a dosis bajas de UV-C retrasó la maduración y senescencia en manzana (Liu y col., 1991), mango (González-Aguilar y col., 2001), durazno (González-Aguilar y col., 2004) y naranja (D'hallewin y col., 1999); sin embargo pocos estudios se han

realizado para elucidar el modo de acción de la radiación UV-C sobre estos sistemas. Barka y col., (2000) estudiaron los efectos de la luz UV-C en la inducción de algunas enzimas en tomate y encontraron una significativa peroxidación lipídica, pérdida de electrolitos a través de membrana, además reportaron la activación de enzimas involucradas en mecanismos de defensa como la fenilalanina amonioliasa y lipooxigenasa (Barka, 2001) y la inducción de enzimas relacionadas al estrés oxidativo como guayacol peroxidasa y ascorbato peroxidasa. Todos los seres vivos, como parte del metabolismo generan especies reactivas de oxígeno (EROs) tales como hidroperóxido, radical hidroxilo, oxígeno singulete y triplete, radical superóxido. Su producción y eliminación están reguladas por un sistema antioxidante de tipo enzimático (por ejemplo superóxido dismutasa -SOD-, catalasa -CAT- y peroxidasa -POX-) y no enzimático (compuestos químicos, por ej. Vitamina C). Cuando existe un desequilibrio entre la producción y neutralización o eliminación de las EROs, éstas se acumulan en la célula pudiendo producir daño a moléculas de ADN, lípidos y proteínas, provocando un estado de estrés oxidativo (Mittler, 2002). Se le atribuye a este estado la producción de enfermedades como cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares, entre otras. De ahí la importancia del consumo diario de alimentos ricos en compuestos antioxidantes. Una de las mayores fuentes de antioxidantes son los vegetales (Cisneros-Zevallos, 2003).

Con estos antecedentes, se hace necesaria más evidencia experimental para elucidar el modo de acción de esta tecnología aplicada a productos hortifrutícolas. El objetivo del presente estudio fue estudiar la influencia del tratamiento UV-C sobre el tiempo de vida útil y propiedades antioxidantes enzimáticas y no enzimáticas de productos IV Gama (mínimamente procesados) de carambola (*Averrhoa carambola* L.) durante el almacenamiento refrigerado.

MATERIALES Y METODOS**Material Vegetal.**

Frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.) fueron cosechados en la provincia de Manabí (Ecuador) y trasladados inmediatamente al laboratorio, una vez lavados y seleccionados, se cortaron en rebanadas de 5 mm de ancho, se dividieron en dos grupos: frutos tratados (expuestos a lámparas UV-C, dosis: 13 kJ/m²) y no tratados (controles) y se almacenaron en bandejas plásticas cubiertas con film PVC durante 28 días.

A los 0, 7, 14 y 21 días se determinó la pérdida de peso y se observó visualmente el avance del índice de daño, así como la calidad microbiológica de los frutos. El tejido se congeló con N₂ líquido y se conservó a -20°C para su posterior análisis bioquímico.

Pérdida de peso.

Se pesó cada bandeja al inicio y al término de cada período de almacenamiento. Se determinó la pérdida de peso como porcentaje del peso inicial.

Índice de daño.

Cada día de muestreo los frutos se evaluaron visualmente utilizando una escala subjetiva, considerando los siguientes parámetros: decaimiento, pardeamiento y firmeza al tacto. Usando índice de daño (ID) con una escala subjetiva de 1 a 4, donde: 4=daño severo, 3=daño moderado, 2=daño ligero y 1=sin daño.

Sólidos solubles totales.

Se determinaron en el jugo de carambola extraído mediante un refractómetro de mano marca Atago.

pH:

Se midió en el jugo de carambola de cada muestra, con un potenciómetro digital marca Metter Toledo 320.

Acidez titulable como %Ácido cítrico.

Se titularon 5 mL de extracto de jugo obtenido con NaOH (0,1N), utilizando fenolftaleína (0,1%) como indicador.

Análisis microbiológico.

El recuento de levaduras y mohos se realizó mediante el método AOAC® Official MethodSM 997.02 para en alimentos, método film seco rehidratable (Petrifilm).

Compuestos antioxidantes.**Contenido de Fenoles totales (FT) y Flavonoides (Flav).**

Se trituró el tejido y homogeneizó en etanol. El contenido de fenoles totales fue medido usando el reactivo de Folin & Ciocalteu (Singelton y Rossi, 1965), mientras que, para flavonoides se usó el método de Shin y col. (2007). Se empleó catequina como estándar.

Enzimas antioxidantes.**Preparación de los extractos.**

Se tomaron 2g de tejido, se congeló en N₂ líq., se pulverizó y adicionó 10ml de buffer fosfato (KH₂PO₄ 0.1M, Na₂HPO₄ 0.1M, pH 7,0) conteniendo PMSF 1mM, EDTA 0.1mM y PVPP 30g/L. Se agitó, se centrifugó, se separó el sobrenadante, se filtró, se distribuyó en alícuotas que se almacenaron a -20°C hasta ser usadas.

Medida de la actividad enzimática.**Actividad Superóxido dismutasa (SOD)₂**

Fue determinada midiendo el grado de inhibición de la reducción del NBT en presencia de riboflavina a 560nm según el método de Giannopolitis y Ries (1977). La mezcla de reacción contenía 100 mM de buffer Na₂HPO₄ y KH₂PO₄ 100mM, pH 7.8, metionina 13 mM, nitroblue tetrazolium (NBT) 75 µM, riboflavina 6 µM, EDTA 0,1 mM y 300 µL de extracto enzimático. La mezcla de reacción fue expuesta a 30 cm bajo lámparas fluorescentes (120W) por 15 min. La reacción empieza/termina con el encendido/apagado de las lámparas, respectivamente. Una mezcla de reacción irradiada, sin extracto enzimático se utilizó como control. Una mezcla completa de reacción no irradiada fue usada como blanco. Una unidad de actividad de SOD se define como la cantidad de enzima que, bajo las condiciones de ensayo, causa un 50% de

inhibición de la reacción (o absorbancia) observada en ausencia de enzima.

Actividad Catalasa.

La actividad CAT se determinó según el método de Sinha (1972) con modificaciones, cuantificando la descomposición de H_2O_2 no consumido, a través de la reacción con $K_2Cr_2O_7$ y ácido acético, formando un compuesto de color verde, estable. La mezcla de reacción contenía buffer fosfato de potasio 100mM, pH 7.0, H_2O_2 800mM, y 800 μ L de extracto enzimático. Alícuotas de 200 μ L se tomaron a los 0 y 5 min y la reacción se detuvo por adición de éstas a $H_2SO_{4(c)}$ y la cantidad de H_2O necesaria para completar un volumen final de 1500 μ L. Se midió la absorbancia de las muestras a 570nm a temperatura ambiente. Se efectuó una curva de calibración de H_2O_2 entre 60 y 200 mM. Una unidad de actividad de CAT fue definida como el consumo de H_2O_2 /(min. g tejido fresco). Las determinaciones se realizaron por triplicado.

Actividad Peroxidasa.

La actividad POX fue estimada según el método de Flurkey y Je, (1978), con ligeras modificaciones. La mezcla de reacción contenía buffer fosfato de potasio 100mM, pH 7.0, 300 μ L de extracto enzimático, 500 μ L guayacol 0,25%(v/v) y 160 μ L de H_2O_2 100mM con un volumen final de 2000 μ L. Se cuantificó el incremento de la absorbancia a 470nm, durante 2 min a temperatura ambiente. Una unidad de actividad de POX fue definida como el cambio en la absorbancia/(min . g tejido fresco)

Análisis estadístico.

Se empleó un diseño factorial. Los resultados fueron procesados mediante un ANOVA y las medidas comparadas por el test LSD con un $\alpha=0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSION

Pérdida de peso.

Los frutos tratados presentaron un promedio de 4,7% de pérdida de peso luego de 21 días de almacenamiento y no se observó

diferencia significativa entre las muestras control y tratadas, resultados similares fueron reportados en brócoli (Lemoine y col., 2007).

pH, sólidos solubles totales y acidez titulable total.

Durante el período de almacenamiento no se observó variación en las características químicas tanto de los frutos tratados como de los frutos controles, tampoco se evidenció diferencia significativa entre las muestras (datos no mostrados), estos resultados indicarían que la dosis de radiación UV-C usada en este experimento, que se puede considerar baja, probablemente no afectaría la integridad del tejido.

Índice de daño.

En la figura 1, se expone la variación en los ID de los frutos en función del tiempo de almacenamiento.

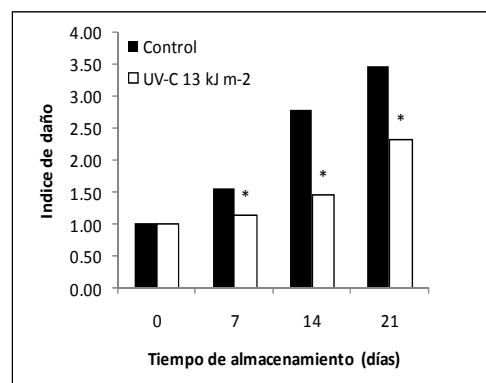


Figura 1. Variación del índice de daño de carambola fresca cortada en función del tiempo de almacenamiento a 5°C.

Se evidenció daño en los frutos control a partir del día 7, alcanzando un daño moderado a severo (ID=3,5) en el día 21 perdiendo totalmente su calidad organoléptica y comercial, mientras que los frutos tratados alcanzaron al final del almacenamiento un daño de leve a moderado (ID= 2,7) manteniendo una mejor calidad organoléptica y comercial (figura 2).

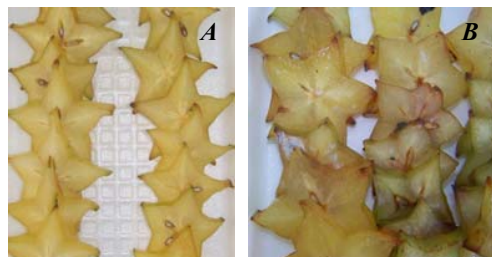


Figura 2. Desarrollo del índice de daño en frutos de carambola fresca cortada tratada (A) con 13 kJ/m^2 y controles (B) luego de 21 días de almacenamiento a 5°C .

Análisis microbiológicos.

Para el control de microorganismos en alimentos usualmente se utiliza el escaldado o pasteurización, en los últimos años la radiación UV-C, una tecnología no térmica, se ha aplicado en el procesamiento de alimentos para inactivar varios tipos de microorganismos (Guerrero-Beltrán y col., 2004). En esta investigación se observó que a partir del día 14 los frutos control dejaron de ser consumibles dado que mostraban desarrollo de microorganismos (figura 3). Los frutos tratados recién mostraron desarrollo fúngico a los 21 días de almacenamiento a 5°C . De la misma forma se ha comprobado la eficacia de la radiación UV-C sobre el control de *Botrytis cinerea* en fresa (Marquenie y col., 2002), en melón entero y procesado (Lamikanra y col., 2005), control de hongos en pimiento (Vicente y col. 2005), entre otros.

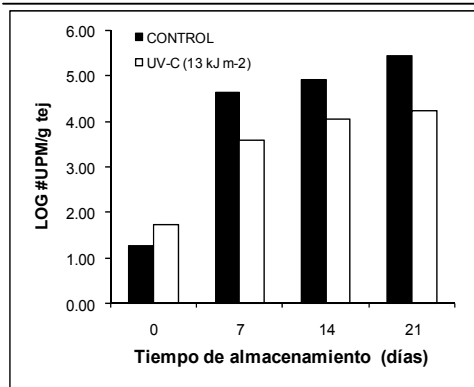


Figura 3. Decaimiento en frutos control y tratado lo largo del almacenamiento refrigerado (5°C)

Compuestos antioxidantes.

Contenido de fenoles totales y flavonoides.

Los compuestos fenólicos son sustancias involucradas en el mantenimiento de la capacidad antioxidante de un tejido. En los frutos tratados, a partir del día 7 se presentó un incremento gradual hasta el final del almacenamiento. A diferencia de los frutos controles, en los que el contenido de FT se mantuvo constante durante el almacenamiento y en menor concentración que los frutos tratados (figura 4). De la misma forma, se observó un incremento del contenido de fenoles totales en pimiento (Vicente y col., 2005), y brócoli (Costa y col., 2006) tratados con una dosis de UV-C de 7 y 10 kJ/m^2 respectivamente; al igual que en mangos enteros y mango fresco cortado expuestos a luz UV-C (González-Aguilar y col., 2007).

En los frutos tratados y controles se observó la acumulación de Flav a partir del día 7 (figura 5). Si bien las muestras control presentaron mayor contenido de Flav, este valor no influyó en el contenido de FT debido a que corresponde aproximadamente al 10% de los FT, resultados similares se encontraron en estudios de pimiento tratado con 10 kJ/m^2 (Andrade-Cuvi, 2008). El incremento de compuestos con actividad antioxidante se asocia con la tolerancia o retraso en la aparición de daño en los tejidos (Wang, 1995).

Medida de la actividad enzimática.

Actividad de SOD.

La aplicación de algún tipo de estrés (por ejemplo: altas o bajas temperaturas, radiación UV, entre otros.) pueden generar radicales libres que atacan libremente a los lípidos y proteínas de las membranas celulares. Las superóxido dismutasas (SOD) son un grupo de metaloenzimas que catalizan la dismutación de H_2O_2 y oxígeno. La inducción de SOD es un importante mecanismo de protección celular bajo una condición de estrés. La actividad de SOD en el día 0 fue mayor en los frutos

tratados que en los controles. La mayor actividad de SOD en los frutos control se observó en el día 7 (figura 6a), mientras que los frutos tratados presentaron este comportamiento el día 14, este resultado sugiere que la radiación UV-C retrasó la actividad SOD por 7 días de forma que se aumentaría la eficiencia en la dismutación de H_2O_2 .

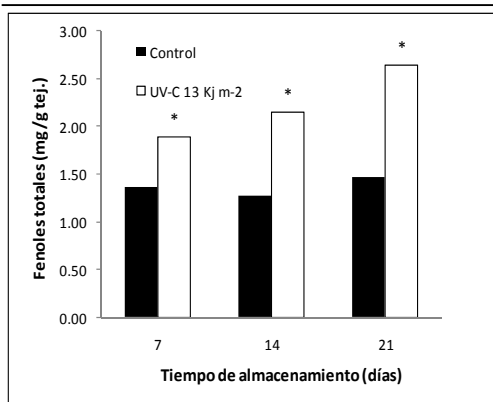


Figura 4. Contenido de fenoles totales en carambola mínimamente procesada control y tratada (13 kJ/m^2) durante 21 días de almacenamiento a 5°C .

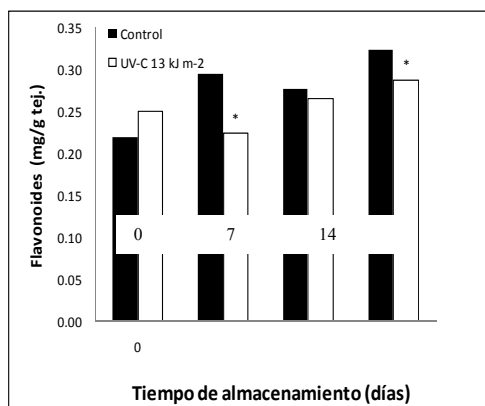


Figura 5. Contenido de flavonoides en carambola mínimamente procesada control y tratada (13 kJ/m^2) durante 21 días de almacenamiento a 5°C .

Actividad de CAT.

La CAT elimina el exceso de H_2O_2 producido durante el metabolismo celular evitando su acumulación y consiguiente daño celular. A lo largo del almacenamiento la muestra control presentó pérdida de la actividad de CAT, en tanto que en las muestras tratadas este valor

se mantuvo constante (figura 6b), esto indicaría que la radiación UV-C mantendría activo el sistema antioxidante durante el período de almacenamiento.

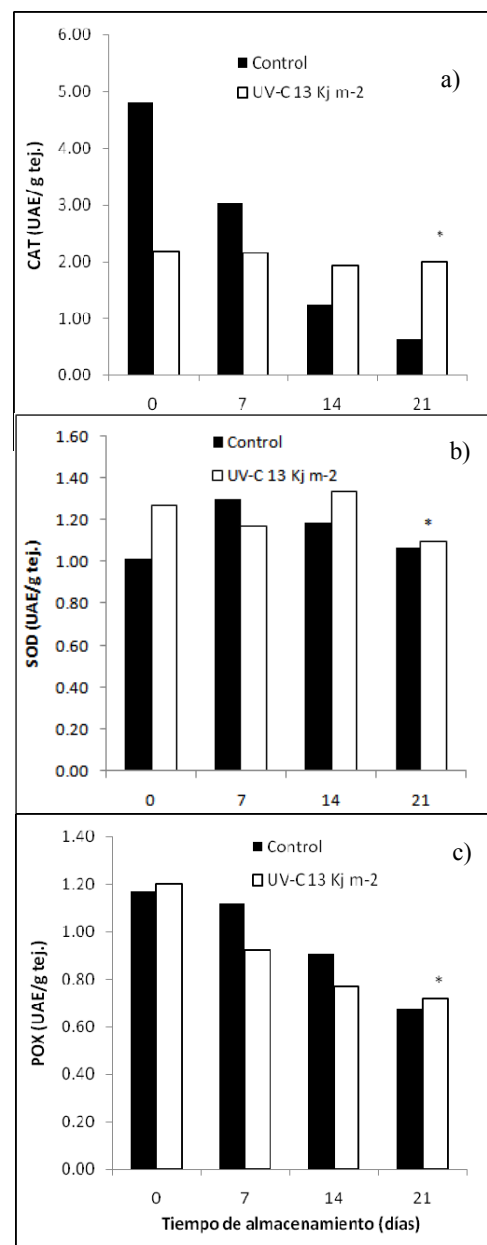


Figura 6. Cambios en la actividad enzimática de (a) SOD, (b) CAT y (c) POX en carambola mínimamente procesada control y tratada (13 kJ/m^2) durante 21 días de almacenamiento a 5°C .

Actividad de POX.

POX es una enzima que tiene diferentes funciones en las plantas superiores incrementando su actividad en respuesta al estrés. Durante el período de almacenamiento la actividad de POX disminuyó tanto en los frutos tratados como en los frutos control, se observó que existe diferencia significativa ($p > 0.05$) entre las muestras en el día 21 (figura 6c). Este comportamiento indicaría que la acumulación de H_2O_2 , generados por SOD que según Alscher y col. (2002) es la primera línea de defensa frente al estrés, estaría siendo eliminada por CAT y otras enzimas como ascorbato peroxidasa y glutatión reductasa en diferentes compartimentos celulares, lo que provocaría un incremento de POX solamente en tiempos largos de almacenamiento indicando una complementariedad en la actividad enzimática antioxidante.

CONCLUSIONES

La radiación UV-C (13 kJ/m^2) prologó en 7 días la vida útil de la carambola mínimamente procesada almacenada en refrigeración, retrasando la aparición de síntomas de daño. Los resultados encontrados en la reducción del crecimiento de mohos propone a la radiación UV-C como una alternativa tecnológica que retarda el crecimiento de microorganismos. El tratamiento UV-C contribuyó a la acumulación de FT y Flav, en un 28% y 15%, respectivamente. Al final del almacenamiento, la actividad enzimática de las enzimas analizadas se redujo respecto al día inicial, existió diferencia significativa entre la muestra control y tratadas para SOD (4%) CAT (31%) y POX (7%) indicando que la luz UV-C habría activado el sistema enzimático antioxidante. Sin embargo, resulta de interés realizar más estudios para poder avanzar en la comprensión de las respuestas fisiológicas asociadas con la exposición de tejidos vegetales a la radiación UV-C.

AGRADECIMIENTOS

Dirección de Investigación y Transferencia Tecnológica ITT. Proyecto de investigación: Influencia del tratamiento UV-C sobre el tiempo de vida útil y propiedades antioxidantes de productos de IV Gama (mínimamente procesados) de carambola (*Averrhoa carambola* L.). Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador

REFERENCIAS

- Alscher, R. G.; Erturk, N. y Heath, L. S., (2002). Role of superoxide dismutase (SODs) in controlling oxidative stress in plants, *J. Exp. Bot.* 53, 1331-1341.
- Andrade-Cuvi, M.J. (2008) Relación entre la capacidad antioxidante y el desarrollo del daño por frío en pimientos. Efecto de la radiación UV-C. Tesis. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata
- Artés, F. (1995) Innovaciones en los tratamientos físicos modulados para preservar la calidad de los productos hortofrutícolas en la postrecolección. I Pretratamientos térmicos. *Rev. Esp. Ciencia Technol. Alim.* No. 35: 45-64, 35, 139-149 y 35, 247-269
- Barka, E. A. (2001) Protective enzymes against reactive oxygen species during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruits in response to low amounts of UV-C. *Aust. J. Plant Physiol.* No. 28; 785-791
- Barka, E. A., Kalantari, S., Makhoulouf, J. y Arul, J. (2000) Effects of UV-C irradiation on lipid peroxidation markers during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruits. *Aust. J. Plant Physiol.* No. 27; 147-152.
- Cisneros-Zevallos, L. (2003) The use of controlled postharvest abiotic stresses as a tool for enhancing the nutraceutical content and adding-value of fresh fruits and vegetables. *J. of Food Sc.* No. 68; 1560-1564
- Costa, L., Vicente, A. R., Civello, P. M., Chaves, A. R. y Martínez, G. A. (2006) UV-C

- treatment delays postharvest senescence in brócoli florets. *Posth. Biol. and Techn.* No. 39; 204-210
- D'hallewing G., Schirra, M., Manueddu, M., Piga, S. y Ben-Yehoshua, S. (1999) Scoparone and scopoletin accumulation and ultraviolet-C induced resistance to postharvest decay in oranges as influenced by harvest date. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* No. 124; 702-707.
- Flurkey, W.H. y Jen, J.J. (1978). Peroxidase and polyphenoloxidase activities in developing peaches. *J. Food Sci.* 43, 1826-1828.
- Giannopolitis, C.N. y Ries, S.K. (1977). Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plants. *Plant Physiol.* 59, 309-314.
- González-Aguilar, G. A., Wang, C. y Buta, G. (2004) UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. *Jour. of fhe Sc. Of Food and Agric.* 84 .5. 415-442
- González-Aguilar, G., Zavaleta-Gatica, R. y Tiznado-Hernández, M.E. (2007) Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C treatment. *Posth. Biol. And Techn.* 45 .1. 108-116
- González-Aguilar, G.A., Wang, C.Y., Buta, J.G. y Krizek, D.T. (2001) Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe "Tommy Atkins" mangoes. *Int. J. Food Sci. Tech.* 36, 767-773
- Guerrero-Beltrán J.A. y Barbosa-Cánova, G.V. (2004) Review: Advantages and Limitations on Processing Foods by UV Light. *Food Sci Tech Int*; 10(3):0137-11
- Lamikanra, O., Kueneman, D., Ukuku, D. y Bett-Garber, K. (2005) Effect of Processing Under Ultraviolet Light on the Shelf Life of Fresh-Cut Cantaloupe Melon. *Journal of Food Science.* No. 70; 534-539
- Lemoine, L.M., Civello, P.M., Martínez, G. y Chaves, A.R. (2007) Influence of postharvest UV-C treatment processed broccoli (Brassica oleracea var. J Sci Food Agric 87:1132-1139
- Liu, J.; Stevens, C.; Khan, V.A. y Kabwe, M. (1991). The effect of ultraviolet irradiation on shelf-life and ripening of peaches and apples. *J. Food Qual.* 14, 299-305
- Lobo, M., y González, M. (Sin fecha). Estado actual de los productos mínimamente procesados en España. Laboratorio de Fisiología Vegetal .Dpto. Fruticultura Tropical., Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, La Laguna, Tenerife, Islas Canarias, España.
- Luckey, T.D. (1980). Hormesis with ionizing radiation, CRC press, Boca Raton.
- Marquenie, D., Michiels, C. W., Geeraerd, A. H., Schenk, A., Soontjens, C., Van Impe, J. F., Nikolai, B. M. (2002). Using survival analysis to investigate the effect of UV-C and heat treatment on storage rot of strawberry and sweet cherry. *Internatl. J. Food Microbiol.* 73: 187-196.
- Piga, A., D'hallewin, G., D'aquino, S. y Agabbio, M. Influence of film wrapping and UV irradiation on cactus pear quality after storage. *Packaging Technology and Science.* No. 10; 1998: 59-68
- Shin, Y.; Hai Liu, R.; Nock, J.F.; Holliday, D. y Watkins, C. (2007). Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. *Postharvest Biol. Technol* 45, 349-357.
- SIGAGRO. (2002). Ecuador Estimación de la producción. Frutas, oleaginosas, fibras, cabuya, bebidas, té y otros cultivos. http://www.sica.gov.ec/agro/docs/CUADR_O.htm
- Singleton, V.L. y Rossi, Jr. J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdenic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J.Enol. Vitic.*16, 144-158.
- Sinha, A.K. (1972) Colorimetric Assay of Catalase. *Analytical Biochemistry* 47, 389-394

Vicente, A., Pineda, C., Lemoine, L., Civello, P., Martínez, G., Chaves, A. (2005) UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biol. Technol.* No. 35; 69-79.

Wang, C.Y. (1995) Effect of temperature preconditioning on catalase, on refrigerated storage of minimally peroxidase, and superoxide dismutase in chilled zucchini squash. *Postharvest Biology and Technology* 5 67-76