



Revista Iberoamericana de Tecnología  
Postcosecha

ISSN: 1665-0204

rebasa@hmo.megared.net.mx

Asociación Iberoamericana de  
Tecnología Postcosecha, S.C.  
México

Zaro, María José; Vicente, Ariel; Chaves, Alicia; Concellón, Analía  
CAMBIOS EN LOS ANTIOXIDANTES FENÓLICOS DE BERENJENA VIOLETA  
DURANTE EL DESARROLLO Y ALMACENAMIENTO REFRIGERADO  
Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 17, núm. 1, 2016, pp. 86-92  
Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C.  
Hermosillo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81346341012>

- 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

## CAMBIOS EN LOS ANTIOXIDANTES FENÓLICOS DE BERENJENA VIOLETA DURANTE EL DESARROLLO Y ALMACENAMIENTO REFRIGERADO

Zaro, María José<sup>1</sup>; Vicente, Ariel<sup>1,2</sup>; Chaves, Alicia<sup>1</sup>; Concellón, Analía<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos). CONICET-Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. CCT La Plata. Calle 47 esq. 116, La Plata, CP 1900, Bs As, Argentina; <sup>2</sup> LIPA (Laboratorio de Investigación en Productos Agroindustriales). Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Calle 60 y 119, La Plata, CP 1900, Bs As, Argentina; <sup>3</sup> CIC-PBA (Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires); e-mail: [mariajosezaro16@hotmail.com](mailto:mariajosezaro16@hotmail.com)

*Palabras clave: Solanum melongena L., ácido clorogénico, daño por frío, pardeamiento.*

### RESUMEN

Los frutos de berenjena son muy ricos en antioxidantes dentro de los vegetales. En el presente trabajo se evaluó la influencia del estado de desarrollo y de las condiciones de almacenamiento sobre el nivel y la estabilidad de los antioxidantes fenólicos de berenjena violeta. El ácido clorogénico (CGA) fue el antioxidante predominante y su contenido se redujo progresivamente con el crecimiento del fruto. Las berenjenas en estados iniciales ("baby") presentaron una capacidad antioxidante dos veces mayor que los frutos totalmente desarrollados. A continuación se evaluaron los cambios en los antioxidantes de berenjenas completamente desarrolladas durante el almacenamiento a temperatura recomendada (10 °C) y en condiciones de daño por frío (0 °C). A diferencia de lo que ocurre en otros productos en los que prevalecen los procesos degradativos, los antioxidantes se incrementaron después de 14 d a 10 °C. Contrariamente los frutos almacenados a 0 °C, mostraron una marcada degradación. Esta caída se relacionó con la aparición de síntomas de daño por frío y pardeamiento. Finalmente, se evaluó la distribución y estabilidad de los antioxidantes fenólicos en la pulpa de berenjenas durante el almacenamiento a 10 °C por períodos prolongados. El CGA se acumuló preferencialmente en la zona interior de la pulpa, su contenido se incrementó en esta zona hasta los 14 d, mientras que luego de 30 d disminuyó significativamente. Este comportamiento a temperatura recomendada se dio en ausencia de pardeamiento, lo que sugiere que el CGA se estaría re-direccionando a otros destinos metabólicos. Los resultados obtenidos contribuyen al conocimiento de cómo las condiciones de cosecha y poscosecha tienen implicancia en el nivel de compuestos bioactivos.

### CHANGES IN PHENOLIC ANTIOXIDANTS DURING EGGPLANT DEVELOPMENT AND REFRIGERATED STORAGE

*Keywords: Solanum melongena L., chlorogenic acid, chilling injury, browning.*

### ABSTRACT

Eggplants are a good source of antioxidant among vegetables. Despite of that the influence of fruit development and storage conditions on these compounds has received little attention to date. In this work we evaluated the influence of the developmental stage and low temperature on level and stability of phenolic antioxidants of dark purple eggplant fruit. Chlorogenic acid (CGA) was the main antioxidant and its content decreased during development. "Baby" eggplants had two-fold higher AOX than fully developed fruit. In contrast to other vegetables in which antioxidants are lost during storage the level of CGA increase after 14 d at 10 °C. Contrariwise, fruit stored at 0 °C showed a marked decline of CGA content in association with chilling injury development. We further assessed the distribution and stability of phenolic antioxidants in eggplant pulp tissue during long storage at 10 °C. CGA was predominantly located in the inner section of the pulp. CGA accumulated during the first 2 weeks of storage but decreased afterwards. This reduction was not associated in fruit held at 10 °C with browning suggesting that the loss of CGA resulted from redirection to other metabolic pathway, most likely fiber and seed coat lignification. Overall, this work provides insights regarding the influence on pre and postharvest conditions on eggplant fruit bioactive compounds.

## INTRODUCCIÓN

Las berenjenas son reconocidas por ser una valiosa fuente de compuestos fenólicos y una de las hortalizas con mayor capacidad antioxidante (Cao y col., 1996). Dentro de la amplia categoría de compuestos fenólicos, los derivados del ácido hidroxicinámico (HCA) como el ácido clorogénico (CGA), son los más comunes en la pulpa de berenjena (Stommel y Whitaker, 2003). El CGA se presenta en un gran número de especies y es uno de los antioxidantes fenólicos más abundantes en la dieta humana (Niggeweg y col., 2004). Su importancia radica en que el CGA presenta diversas actividades biológicas y propiedades antioxidantes con efectos beneficiosos para la salud (Sato y col., 2011; Plazas y col., 2013). Asimismo, es conocido que las condiciones de pre- y pos-cosecha pueden afectar en gran medida el nivel de compuestos fenólicos. En este sentido los antioxidantes pueden estar influenciados por el grado de desarrollo del fruto (Robbins, 2003). Las berenjenas se cosechan en un estado fisiológicamente inmaduro, en base al tamaño existiendo un rango de calibres óptimo en que pueden separarse de la planta (Cantwell y Kasmire, 2007). Sin embargo, pueden consumirse en todos los estados de desarrollo, y en los últimos años han comenzado a comercializarse berenjenas "baby". Sin embargo, no se conoce aún si existen diferencias en el nivel de antioxidantes (AOX) entre frutos de calibre pequeño y comercial.

Varios autores evaluaron el rendimiento poscosecha de berenjena (Fallik y col., 1995; Concellón y col., 2004, 2007), pero sólo unos pocos han analizado la influencia del almacenamiento sobre los antioxidantes. En este sentido, si bien el deterioro es retardado por la refrigeración, las berenjenas sufren daño por frío por debajo de 10 °C, manifestado por la aparición de picado superficial, escaldaduras y pardeamiento de las semillas (Concellón y col., 2007). A su vez, el pardeamiento de la pulpa por oxidación de

fenoles en una reacción catalizada por la polifenoloxidasas (PPO) ha sido descrito frecuentemente en berenjenas afectas por el daño por frío (Mishra y col., 2012). A pesar de esto aún no está claro el comportamiento de los antioxidantes en frutos almacenados por largos períodos en condiciones recomendadas (10 °C), ni como los compuestos se distribuyen en el interior de la pulpa. En función de lo expuesto, el objetivo del presente trabajo fue investigar la influencia del estado de desarrollo y de las condiciones de almacenamiento (tiempo y temperatura) sobre el nivel, estabilidad y distribución de los antioxidantes fenólicos de berenjena violetas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal

En un primer ensayo se cosecharon berenjenas violetas cv. Monarca (M) y Perla Negra (PN) luego de 12, 15, 18, 20 y 23 DAFS ("days after fruit set"), definiendo cinco estados de desarrollo (I, II, III, IV y V, respectivamente). Una vez en el laboratorio se analizaron los antioxidantes. El ensayo se realizó en tres cosechas independientes. En un segundo ensayo se cosecharon berenjenas violetas cv. Lucía de tamaño comercial (estado IV). Los frutos se envasaron y se almacenaron a 0 °C o 10 °C durante 14 d. Se analizó la incidencia de pardeamiento, daño por frío y el nivel de antioxidantes. Finalmente, en un tercer ensayo se evaluó un almacenamiento prolongado de berenjenas cv. Lucía a 10 °C por 30 d. El estudio de antioxidantes se realizó en dos zonas de la pulpa: interior (Int) y exterior (Ext), esta última se obtuvo por la separación de 4 mm de la región más externa. Los ensayos se realizaron por duplicado.

### Susceptibilidad al pardeamiento

Se empleó un colorímetro (Minolta, Modelo CR-400) para determinar la luminosidad ( $L^*$ ) de la pulpa (Concellón y col., 2007).

### Índice de daño por frío

Se evaluó en forma visual a partir de una escala hedónica donde: 4=daño severo, 3=daño moderado, 2=daño ligero y 1=sin daño. Se tuvo en cuenta el avance de la deshidratación, la presencia de microorganismos y los síntomas de daño por frío (picado, escaldaduras superficiales y pardeamiento) (Concellón y col., 2004).

### Sub-clases de compuestos fenólicos

El contenido de derivados hidroxicinámicos (HCA) y flavonoides (FL) se midió en un extracto ácido a 320 y 360 nm, respectivamente (Obied y col., 2005). Se emplearon CGA y quercetina como estándares. Las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron en concentración molar relativa, de acuerdo a:

$$\text{Fracción molar (HCA o FL)} = \frac{\text{mol HCA (o FL)}}{\text{mol (HCA+FL)}}$$

### Contenido de fenoles totales

Un gramo de pulpa de berenjena congelada y pulverizada se extrajo con 20 mL de etanol. Para la determinación, se empleó el reactivo de Folin-Ciocalteu de acuerdo a Singleton y col. (1999). Las medidas se realizaron por triplicado, se empleó CGA como estándar y los resultados se expresaron en  $\text{mg kg}^{-1}$ .

### Contenido de ácido clorogénico

Se determinó en los extractos preparados según se indica en la sección anterior, utilizando un cromatógrafo HP 1100 (Hewlett-Packard) equipado con una columna C18 (XSelect CSH). La detección se realizó a 320 nm empleando CGA como estándar. Las muestras se analizaron por triplicado y los resultados se expresaron en  $\text{mg kg}^{-1}$ .

### Análisis estadístico

Los experimentos se realizaron de acuerdo a un diseño factorial. Los resultados se analizaron por ANOVA y las medias se

compararon mediante el test LSD de Fisher con un nivel de significancia de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto del estado de desarrollo en los niveles de AOX

En la Figura 1A se muestra la apariencia de berenjenas cosechadas en diferentes estados de desarrollo. El estado I correspondió a los frutos "baby", mientras que los estados III y IV representaron los calibres comerciales empleados normalmente. Para ambas variedades en todos los estados, los derivados HCA representaron el 75-80% de los compuestos fenólicos totales (Figura 1B). En estudios previos el CGA ha sido identificado también como el derivado HCA predominante en berenjenas (Stommel y Whitaker, 2003).

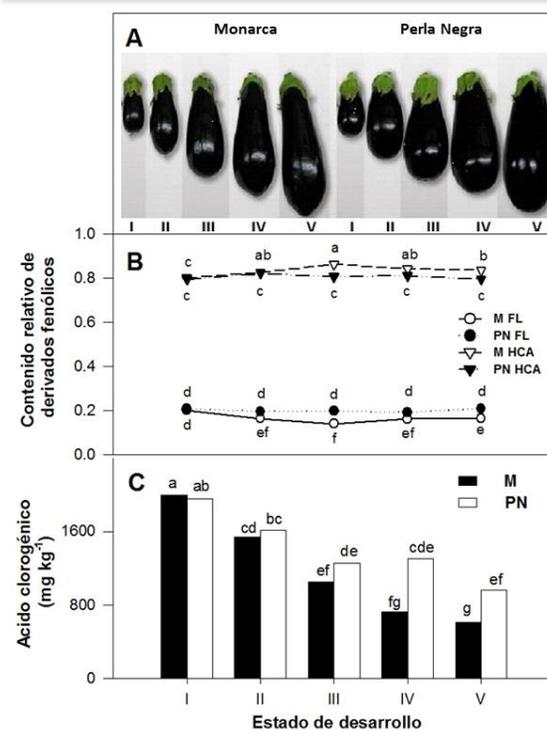


Figura 1A) Apariencia de berenjenas cv. Monarca (M) y Perla Negra (PN) durante el desarrollo (estados I, II, III, IV y V), B) contenido relativo de derivados flavonoides (FL) e hidroxicinámicos (HCA) y C) contenido de ácido clorogénico.

En concordancia en el presente trabajo, el análisis por HPLC mostró un solo pico

mayoritario, correspondiente a CGA. Como se observa en la Figura 1C, el CGA se presentó en alta concentración en berenjenas “baby” (estado I, 2000 mg kg<sup>-1</sup>), mientras que disminuyó marcadamente en el estado III, permaneciendo posteriormente sin cambios. De esta forma los estados de calibre comercial convencional (III y IV) no presentaron diferencias entre sí, pudiendo prevalecer en este caso un retraso de la cosecha para favorecer el rendimiento.

Mientras que Esteban y col (1992), reportaron que los compuestos fenólicos alcanzan su máximo en estados intermedios de desarrollo, Mennella y col. (2012) coinciden con lo observado en el presente trabajo. A pesar de ello, estos autores solo evaluaron estados de desarrollo intermedios hasta sobremaduros, y no estadios iniciales.

#### Efecto de la temperatura de almacenamiento

Se evaluó el desarrollo del daño por frío (DF) en berenjenas violetas de tamaño comercial (estado IV) durante el almacenamiento a 0 o 10 °C. Luego de 5 d a ambas temperaturas no se produjo DF, pero a continuación se observó pardeamiento interno y depresiones superficiales en las berenjenas almacenadas a 0 °C. El índice DF aumentó rápidamente después de 10 d, con diferencias aún más notorias hacia el final del almacenamiento (Figura 2A y B). El principal síntoma de daño interno fue el pardeamiento de la pulpa y se produjo en las áreas que rodean las semillas (Figura 2A). El deterioro de la pulpa pudo evidenciarse a través del parámetro L\* (Figura 2C) y se halló que en los frutos almacenados a 10 °C, L\* no disminuyó. En tanto que a 0 °C y luego de 3 d una continua disminución asociada al pardeamiento fue observada.

A continuación se evaluó la influencia de la temperatura sobre el contenido de CGA (Figura 3A). Durante los primeros 3 d a 0 °C, el CGA se acumuló, pero a continuación un descenso continuo de su nivel fue detectado.

En contraste, el CGA se mantuvo sin cambios a través del almacenamiento a 10 °C, excepto al final del período de conservación, momento en el que se observó un considerable incremento que incluso alcanzó un valor superior al de cosecha.

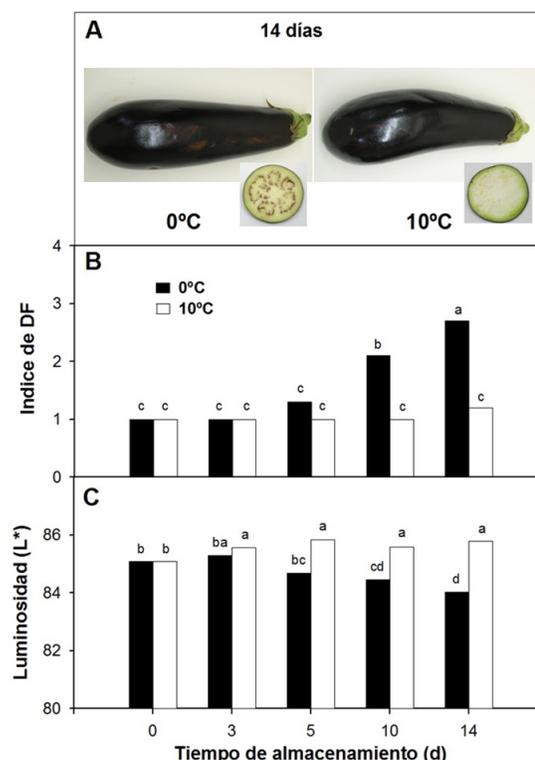
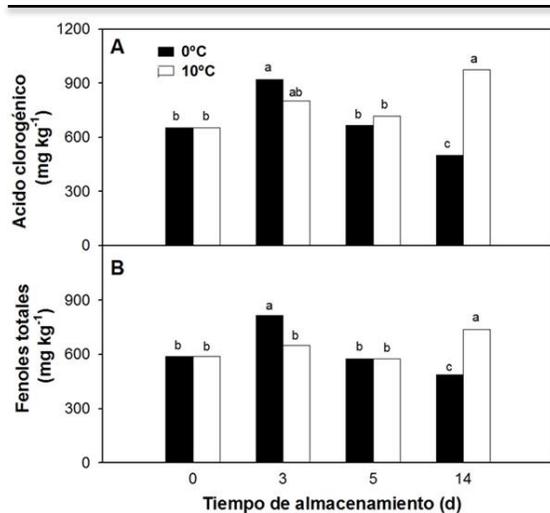


Figura 2A) Apariencia, B) índice de daño por frío (DF) y C) luminosidad en berenjenas cv. Lucía, almacenadas a 0 °C o 10 °C por 14 d.

Se evaluó además el contenido de compuestos fenólicos totales con el reactivo de Folin-Ciocalteu, observándose una tendencia similar a la producida para CGA (Figura 3B). Esto indica que las modificaciones en el contenido de fenoles totales se debieron principalmente a los cambios producidos en el CGA.

Trabajos previos en otros frutos han mostrado que las variaciones de temperatura pueden modular la acumulación de CGA (Joët y col., 2010). De forma similar, se ha informado que los compuestos fenólicos se acumulan en respuesta a varios tipos de

estrés, incluyendo la baja temperatura (Clé y col., 2008; Massolo y col., 2011).



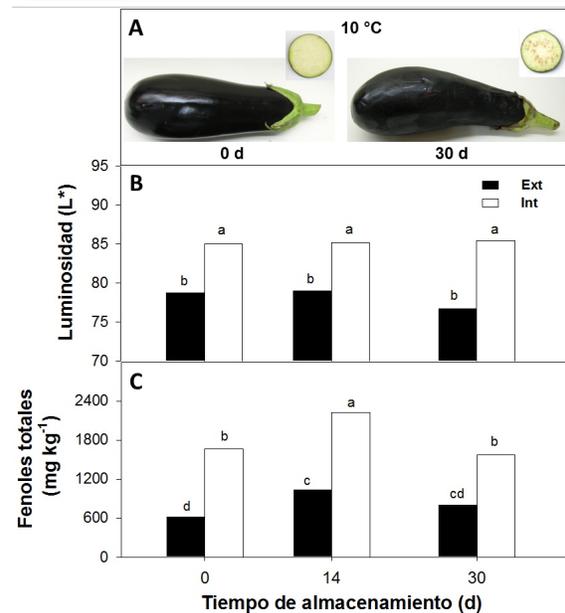
**Figura 3A) Contenido de ácido clorogénico y B) contenido de fenoles totales en berenjenas cv. Lucía, almacenadas a 0 °C o 10 °C por 14 d.**

Por su parte a 0 °C la caída del CGA se asoció al pardeamiento. La degradación de los compuestos fenólicos en berenjena, posiblemente está limitada por la compartimentalización de las enzimas y sustratos, que podría haberse comprometido durante el almacenamiento a temperaturas de daño por frío.

#### Efecto del almacenamiento prolongado

En un tercer ensayo, el almacenamiento se llevó a cabo a 10 °C por 30 d. En este caso, si bien las berenjenas resultaron propensas a la deshidratación (Figura 4A) no se detectaron marcados síntomas de pardeamiento o cambios en el color de la pulpa (Figura 4B). En cuanto a los AOX, los compuestos fenólicos se acumularon preferentemente en la región central de la pulpa (Int), en un nivel 2 o 3 veces mayor respecto de la zona exterior (Ext) (Figura 4C). En concordancia con lo observado en el ensayo anterior hubo un incremento del contenido de fenoles totales luego de 14 d que resultó leve en la región periférica, mientras que fue mayor en la zona interior. Sin embargo, al final del período de conservación

(30 d) los fenoles totales decrecieron en forma notoria en esta zona del fruto (Figura 4C). Esta disminución no parece estar asociada al pardeamiento enzimático. Sin embargo el compuesto podría estar redirigiéndose a otros destinos metabólicos tales como la lignificación de semillas, fibras y haces vasculares en los frutos inmaduros.



**Figura 4A) Apariencia, B) luminosidad y C) contenido de fenoles totales en la zona interna (Int) y externa (Ext) de rodajas de berenjenas cv. Lucía, almacenadas a 10 °C por 30 d.**

En este sentido, trabajos previos han sugerido que el ácido clorogénico puede contribuir a la arquitectura de la pared celular (Mondolot y col., 2006). Se ha observado además en plantas de café, que aumentos marcados del contenido de CGA coincidieron con un incremento en el nivel de compuestos fenólicos unidos a las paredes celulares (Aerts y Baumann, 1994).

#### CONCLUSIONES

En el presente trabajo se halló que el CGA fue el antioxidante fenólico mayoritario en berenjenas violetas, y que se acumula preferencialmente en la zona interior de la pulpa. A su vez, el momento de cosecha

resultó determinante del nivel de antioxidantes, el cual disminuye con el crecimiento del fruto. Se evidenció que las berenjenas “baby” mostraron un contenido dos veces mayor que aquellas completamente desarrolladas, por lo que resultan un producto atractivo desde el punto de vista nutricional. Asimismo las condiciones de almacenamiento modularon la estabilidad de los compuestos fenólicos. Mientras que a 0 °C se observó una marcada degradación debida al DF, a 10 °C hasta los 14 d se produjo una significativa acumulación. A pesar de esto los frutos almacenados a esta temperatura por un período prolongado presentaron una reducción significativa de sus antioxidantes, pero sin apreciable pardeamiento sugiriendo que en condiciones recomendadas su degradación ocurriría por otras vías metabólicas. Los resultados obtenidos contribuyen a conocer como las condiciones de precosecha (estado de desarrollo) y poscosecha (almacenamiento) modulan los niveles de compuestos bioactivos.

#### REFERENCIAS

- Aerts, R., Baumann, T. 1994. Distribution and utilization of chlorogenic acid in *Coffea* seedlings. *J. Exp. Bot.* 45, 497–503.
- Cantwell, M., Kasmire, R. 2007. Sistemas de manejo postcosecha: Hortalizas de frutos. En: Kader, A. (ed.) *En: Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas.*
- Cao, G., Sofic, E., Prior, R.L., 1996. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. *J. Agric. Food Chem.* 44(11), 3426-3431.
- Clé, C., Hill, L. M., Niggeweg, R., Martin, C.R., Guisez, Y., Prinsen, E., Jansen, M.A.K. 2008. Modulation of chlorogenic acid biosynthesis in *Solanum lycopersicum*; consequences for phenolic accumulation y UV-tolerance. *Phytochem.* 69, 2149–2156.
- Concellón, A., Añón, M.C., Chaves, A.R., 2007. Effect of low temperature storage on physical and physiological characteristics of eggplant fruit. *LWT-Food Sci. Technol* 40, 389–396.
- Concellón, A., Añón M.C., Chaves, A.R., 2004. Characterization and changes in polyphenol oxidase from eggplant fruit during storage at low temperature. *Food Chem.* 88, 17–24.
- Esteban, R.M., Molla, E.M., Robredo, L.M., Lopez-Andreu, F.J., 1992. Changes in the chemical composition of eggplant fruits during development and ripening. *J. Agric. Food Chem.* 40, 998-1000.
- Fallik, E., Temkin-Gorodeiski, N., Grinberg, S., Davidson, H. 1995. Prolonged low-temperature storage of eggplants in polyethylene bags. *Postharvest Biol. Technol.* 5, 83-89
- Joët, T., Salmona, J., Laffargue, A., Descroix, F., Dussert, S., 2010. Use of the growing environment as a source of variation to identify the quantitative trait transcripts and modules of co-expressed genes that determine chlorogenic acid accumulation. *Plant Cell Env.* 33, 1220-1233.
- Massolo, J.F., Concellón, A., Chaves, A.R., Vicente, A.R., 2011. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) delays senescence, maintains quality and reduces browning of non-climacteric eggplant fruit. *Postharvest Biol Technol.* 59(1), 10-15.
- Mennella, G., Lo Scalzo, R., Fibiani, M., D’Alessandro, A., Francese, G., Toppino, L., Acciarri, N., de Almeida, A.E., Rotino, G.L., 2012. Chemical and bioactive quality traits during fruit ripening in eggplant and allied species. *J. Agric. Food Chem.* 60, 11821-11831.
- Mishra, B., Gautam, S., Sharma, A., 2012. Purification and characterization of polyphenol oxidase (PPO) from eggplant. *Food Chem.* 134, 1855-1861.
- Mondolot, L., La Fisca, P., Buatoris, B., Talansier, E., De Kochko, A., Campa, C., 2006. Evolution in caffeoylquinic acid content and histolocalization during

- Coffea canephora* leaf development. Ann. Bot. 98, 33–40.
- Niggeweg, R., Michael, A. J., Martin, C., 2004. Engineering plants with increased levels of chlorogenic acid. Nat. Biotech. 22(6), 746-754.
- Obied, H.K., Allen, M.S., Bedgood, Prenzler, P.D., Robards, K., 2005. Bioactivity and analysis of biophenols recovered from olive mill waste. J. Agric. Food Chem. 53, 823-837.
- Plazas, M., Andujar, I., Vilanova, S., Hurtado, M., Gramazio, P., Herraiz, F., Prohens, J. 2013. Breeding for chlorogenic acid content in eggplant: interest and prospects. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. 41(1).
- Prohens, J., Rodríguez-Burruezo, A., Raigón, M.D., Nuez, F., 2007. Total phenolic concentration and browning susceptibility in a collection of different types and hybrids of eggplant: implications for breeding for higher nutritional quality and reduced browning. J. Amer. Soc. Hortic. Sci. 132(5), 638-646.
- Robbins, R. 2003. Phenolic acids in foods: An overview of analytical methodology. J. Agric. Food Chem. 51, 2886–2887.
- Sato, Y., Itagaki, S., Kurokawa, T., Ogura, J., Kobayashi, M., Hirano, Iseki, K. 2011. *In vitro* and *in vivo* antioxidant properties of chlorogenic acid and caffeic acid. Int. J. Pharm. 403(1), 136-138.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R.M., 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Meth. Enzymol. 299, 152-178.
- Stommel, J., Whitaker, B. 2003. Phenolic acid content and composition of eggplant fruit in a germplasm core subset. J Am. Soc. Hortic. Sci. 128: 704-710.
-