

Efecto de los tratamientos pre-cosecha con salicilatos y jasmonatos sobre la calidad y sistemas antioxidantes en ciruelas y cerezas

M. Serrano^{1*}, S. Castillo², A. Martínez-Esplá², M.J. Giménez², P.J. Zapata², J.M. Valverde², F. Guillén², D. Martínez-Romero² & D. Valero²

¹Dept. Biología Aplicada. EPSO, Universidad Miguel Hernández. Orihuela, Alicante, España. m.serrano@umh.es

²Dept. Tecnología Agroalimentaria. EPSO, Universidad Miguel Hernández. Orihuela, Alicante, España.

Resumen

En esta ponencia presentamos algunos de los resultados obtenidos en el proyecto AGL2012-35402 realizado por el Grupo de Post-recolección de la Universidad Miguel Hernández. El objetivo fundamental del proyecto fue evaluar el efecto de los tratamientos de ciruelas y cerezas, durante su desarrollo en el árbol, con diferentes concentraciones de ácido salicílico (AS), ácido acetil salicílico (AAS), salicilato de metilo (SaMe) y jasmonato de metilo (JaMe) sobre el proceso de crecimiento y maduración de los frutos, así como su influencia sobre algunos parámetros de calidad, organoléptica, nutritiva y funcional, tanto en el momento de la recolección, como durante su conservación posterior a baja temperatura. En general, los tratamientos aumentaron el crecimiento de los frutos en el árbol, aunque la dosis más efectiva de cada compuesto fue diferente dependiendo de la especie y de la variedad. Además, algunos parámetros de calidad, como peso y firmeza fueron más elevados en los frutos de los árboles tratados, así como su contenido en compuestos bioactivos, como fenoles y antocianinas y su actividad antioxidante, diferencias que se mantenían durante la conservación. Finalmente, también se encontró un aumento significativo en la actividad de los enzimas antioxidantes, como catalasa (CAT), peroxidasa (POD), ascorbato peroxidasa (APX) y superóxido dismutasa (SOD), como consecuencia de los tratamientos. Así pues, estos tratamientos podrían considerarse como una herramienta eficaz para incrementar la calidad de estos frutos y sobre todo, sus sistemas antioxidantes, en el momento de la recolección comercial y para su mantenimiento durante la conservación.

Palabras clave: *Prunus salicina* L., *Prunus avium* L., crecimiento, maduración, salicilato de metilo, ácido salicílico, ácido acetil salicílico, salicilato de metilo, fenoles, antioxidantes.

Abstract

In this presentation we show the main results obtained from the Project AGL2012-35402 of the Post-Harvest Group of the Miguel Hernández University. The main objective of this project was to evaluate the effect of plums and sweet cherry treatments with salicylic acid (SA), acetyl salicylic acid (ASA), methyl salicylate (MeSa) and methyl jasmonate (MeJa) on growth and ripening process of fruits, as well as their effects on fruit quality parameters and bioactive compounds at harvest and during cold storage. In general these treatments increased fruit growth on tree, although the most effective dose was dependent on fruit species and cultivar. In addition, some parameters related with fruit quality, such as weight, firmness, content on bioactive compounds and antioxidant activity were enhanced by jasmonate and salicylate treatments. Finally, a significant increase was also found in the antioxidant enzymes catalase (CAT), peroxidase (POD),

ascorbate peroxidase (APX) and superoxide dismutase (SOD) as a consequence of treatments. Thus, jasmonates and salicylates treatments could be a useful tool to increase plum and sweet cherry quality and specially their antioxidant system, both antioxidant compounds and antioxidant enzymes, at harvest and during storage.

Keywords: *Prunus salicina* L., *Prunus avium* L., growth, ripening, salicylic acid, acetyl salicylic acid, methyl salicylate, methyl jasmonate, phenolics, antioxidants.

Introducción

Ciruelas y cerezas son frutos muy importantes en España, con una producción de 200.000 y 100.000 toneladas, respectivamente, siendo España el quinto productor mundial de cerezas y el décimo de ciruelas (FAOSTAT, 2015). Ambos frutos son muy apreciados por los consumidores, por su elevada calidad, determinada por sus propiedades organolépticas (aparición, color, textura, sabor, aroma), nutritivas y funcionales. Estas propiedades funcionales dependen de su contenido en compuestos bioactivos, con capacidad antioxidante (fenoles, antocianinas, carotenoides y vitaminas) y beneficios para la salud de los consumidores (McCune et al., 2011; Tomás-Barberán et al., 2013). Todos estos parámetros de calidad incrementan con la maduración en el árbol, aunque existen diferencias importantes entre especies y variedades (Gil et al., 2002; Díaz-Mula et al., 2008; 2009; Serrano et al., 2005; Serradilla et al., 2012). Sin embargo, durante la manipulación, conservación y transporte, los frutos continúan su proceso de maduración y senescencia que generalmente conlleva a pérdidas de calidad, debido a deshidratación, ablandamiento, pérdidas de acidez y aroma, cambios en el color y compuestos bioactivos y aparición de podredumbres. Para disminuir al máximo estos procesos de deterioro es fundamental enfriar los frutos lo antes posible después de la recolección. No obstante, la aplicación sólo de frío puede no ser suficiente para mantener la vida útil del producto el tiempo necesario para su comercialización. En este sentido, se han obtenido buenos resultados con la combinación del frío y otros tratamientos post-recolección, como conservación en atmósferas modificadas, recubrimientos comestibles, 1-metilciclopropeno, calcio o calor (Remón et al., 2003; Valero & Serrano, 2010; Valero et al., 2013; Guillén et al., 2013).

El ácido salicílico (AS) se considera una hormona vegetal con importantes funciones en el desarrollo de la planta, relacionadas fundamentalmente con los mecanismos de defensa frente al ataque de patógenos y de herbívoros y al estrés abiótico (Hayat & Ahmad, 2007; Peleg & Blumwald, 2011). Además, tratamientos post-recolección de diferentes frutos con AS o sus derivados ácido acetilsalicílico (AAS) y salicilato de metilo (SaMe), han mostrado beneficios reduciendo las podredumbres, los daños por frío y retrasando el proceso de maduración durante la conservación, tanto en frutos climatéricos como no climatéricos (Sayyari et al., 2011a,b; Fatemi et al., 2013; Yin et al., 2013). Sin embargo, la información del efecto de estos tratamientos, aplicados durante el desarrollo de fruto en el árbol, sobre los parámetros de calidad y los sistemas antioxidantes es escasa, ya que se limitan a su efecto disminuyendo el ataque fúngico, en fresa (Babalar et al., 2007), jujube (Cao et al., 2013) y cereza (Yao & Tian, 2005).

Por otra parte, el ácido jasmónico y su derivado jasmonato de metilo (JaMe) se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas superiores y son también elicitores o moléculas señal implicados en muchas respuestas fisiológicas, fundamentalmente relacionadas con la estimulación de los sistemas de defensa frente a diferentes tipos de estrés, tanto biótico como abiótico (Creelman & Mullet, 1997). La mayoría de los estudios del efecto del JaMe en la calidad del fruto se han realizado como tratamientos post-cosecha y han demostrado su eficacia en reducir los daños por frío y los problemas de

podredumbres en granada (Sayyari et al., 2011a), papaya (González-Aguilar et al., 2003) y melocotón (Meng et al., 2009), así como una estimulación de la maduración en frutos climatéricos como mango, melocotón, tomate, ciruela y manzana, a través de un incremento en la síntesis de etileno (Peña-Cortés et al., 2005; Khan & Singh, 2007). Por el contrario, la implicación de los jasmonatos en los procesos de desarrollo y maduración del fruto se han estudiado en menor profundidad, aunque el potencial del JaMe para su aplicación con fines comerciales es elevado puesto que ha sido reconocido por la FDA como “Generally Recognised as Safe” (FDA-EPA-2013). Así por ejemplo, algunos trabajos con melocotón y manzana han puesto de manifiesto que el efecto de los tratamientos pre-cosecha con JaMe sobre el proceso de maduración del fruto en el árbol, así como su implicación en la evolución de la calidad durante la conservación post-cosecha, dependen de la concentración y del momento del desarrollo en el que se realizan los tratamientos (Rudell et al., 2005; Ziosi et al., 2008; Martínez-Esplá, et al., 2014).

En esta ponencia presentamos algunos de los resultados obtenidos en el proyecto AGL2012-35402 realizado por el Grupo de Post-recolección de la Universidad Miguel Hernández. El objetivo fundamental del proyecto fue evaluar el efecto de los tratamientos de ciruelas y cerezas, durante su desarrollo en el árbol, con diferentes concentraciones de ácido salicílico (AS), ácido acetil salicílico (AAS), salicilato de metilo (SaMe) y jasmonato de metilo (JaMe) sobre el proceso de crecimiento y maduración de los frutos en el árbol, así como su influencia sobre algunos parámetros de calidad, organoléptica, nutritiva y funcional y en los sistemas antioxidantes, tanto en el momento de la recolección, como durante su conservación posterior a baja temperatura.

Material y métodos

Material Vegetal y Diseño Experimental. Los experimentos se realizaron durante los años 2013-2015, en el caso de ciruelas en una finca comercial de la empresa El Ciruelo, situada en Cieza (Murcia, España), con ciruelas *Prunus salicina* L., de las variedades ‘Black Splendor’ (BS) y ‘Royal Rosa’ (RS), ambas de piel morada, pero con pulpa roja y amarilla, respectivamente, y en los experimentos con cerezas (*Prunus avium* L.) se usaron las variedades ‘Sweet Heart’ (SH) y ‘Sweet Late’ (SL) de la empresa Fincas Toli, S.L., situada en Jumilla (Murcia, Spain) y la variedad ‘Lapins’ de la empresa ‘Cerezas Aitana’, situada en Alcoy (Alicante, Spain). Todos los tratamientos se realizaron a concentraciones de 0,5, 1 y 2 mM, mediante spray foliar (conteniendo 0,5 % de Tween 20) y se repitieron en tres momentos claves del desarrollo de los frutos, en la fase de endurecimiento del hueso, al inicio de la segunda fase de crecimiento rápido y dos semanas antes de la recolección.

Principales resultados

Después del primer tratamiento con cada uno de los compuestos se midió el diámetro de los frutos y se tomaron muestras semanalmente para analizar la evolución de los diferentes parámetros relacionados con el crecimiento y la maduración. Los resultados mostraron que los tratamientos con JaMe aumentaron el crecimiento de las ciruelas, siendo la concentración más efectiva 0,5 mM en la variedad BS y 2 mM en la variedad RR. En el momento de la recolección comercial los valores de firmeza y acidez fueron más elevados en los frutos tratados con JaMe, mientras que no se afectó el contenido de sólidos solubles. Además, el contenido en fenoles totales y la actividad antioxidante aumentaron durante las dos últimas semanas de maduración en el árbol y fueron más elevados en las ciruelas tratadas con JaMe que en las controles. Se determinó el perfil de compuestos fenólicos por HPLC-DAD-MS en las dos variedades de ciruela y se encontraron diferencias importantes entre ellas, siendo el ácido neoclorogénico el fenol

mayoritario en BS y el kanferol en RR. Sin embargo, este perfil fenólico no se vio afectado por el tratamiento con JaMe (Martínez-Esplá et al., 2014).

Las ciruelas control y las tratadas con JaMe se conservaron durante 9 días a 20 °C y a 2 °C más 1 día a 20 °C durante 50 días. Se pudo comprobar que el tratamiento con JaMe a 2 mM aceleró el proceso de maduración post-recolección, mientras que con la dosis 0,5 mM el efecto fue el contrario, ya que se redujo la tasa de producción de etileno, el ablandamiento y las pérdidas de acidez, tanto en BS como en RR. Además, los mayores niveles en el contenido en fenoles, actividad antioxidante y actividad de las enzimas antioxidantes que se encontraron en los frutos tratados en el momento de la recolección se mantuvieron durante 50 días de conservación a 2 °C, lo que podría contribuir al retraso en la maduración post-recolección que se encontró en los frutos tratados (Zapata et al., 2014).

El tratamiento de las cerezas de las variedades SH, SL y Lapins con AS, AAS y SaMe también incrementó el crecimiento de los frutos, en las tres variedades estudiadas, siendo las concentraciones más efectivas 0,5 para AS y 1 mM para AAS y SaMe. Por otra parte, no se encontraron efectos de los tratamientos en los parámetros de calidad, como contenido en sólidos solubles, acidez, sabor o aroma, aunque los tratamientos sí que incrementaron el contenido en antocianinas, fenoles y actividad antioxidantes de las cerezas, así como la actividad de los enzimas antioxidantes CAT, POX, APX y SOD (Giménez et al., 2014; 2015). Además, los parámetros de calidad se mantuvieron en niveles más elevados en las cerezas de los árboles tratados durante su conservación post-recolección, así como su contenido en compuestos antioxidantes y la actividad de los enzimas antioxidantes, con un retraso evidente en la evolución del proceso de maduración post-recolección, lo que conllevó a un mantenimiento de su calidad (Giménez et al., 2016). Resultados similares se obtuvieron con los tratamientos de ciruelos con estas concentraciones de SA, ASA y SaMe, con respecto al incremento del tamaño del fruto y de su contenido en compuestos bioactivos y de actividad de los enzimas antioxidantes (datos no publicados).

En trabajos previos se ha comprobado que tratamientos que retrasan el proceso de maduración post-recolección y mantienen la calidad de los frutos también mantienen una mayor actividad de los enzimas antioxidantes (Tareen et al., 2012; Wang & Zheng, 2005; Wang et al., 2015). Esto es de gran importancia, ya que la acumulación de O_2^- puede activar la formación de más radicales libres de oxígeno (ROS), como OH^\bullet y 1O_2 , lo que conllevaría a la peroxidación de lípidos de membrana y proteínas y a la aceleración de los procesos de senescencia (Hodges et al., 2004; Mondal et al., 2009). Así pues, la mayor actividad de los enzimas antioxidantes, junto con la mayor concentración de compuestos antioxidantes, encontrados en ciruelas y cerezas como consecuencia de los tratamientos con salidilatos y jasmonatos podría contribuir a una eliminación eficaz de los ROS generados durante el proceso de maduración y por tanto, a un retraso de la maduración post-recolección y aun mantenimiento de la calidad y vida útil de los frutos.

Conclusiones

En general, los resultados de este proyecto mostraron que los tratamientos con JaMe, SA, AAS y SaMe podrían ser prometedores para incrementar la calidad de las ciruelas y cerezas en el momento de la recolección y sobre todo su contenido en compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, lo que contribuiría a incrementar las propiedades beneficiosas para la salud que nos aporta el consumo de estos frutos. Por otra parte, la mayor actividad de las enzimas antioxidantes, junto con la mayor concentración de compuestos antioxidantes, contribuiría a una eliminación más eficaz de los radicales libres que se generan asociados a los procesos de maduración y senescencia,

lo que conllevaría a retrasar estos procesos y al mantenimiento de la calidad durante mayores períodos de tiempo.

Agradecimientos

Agradecemos a las empresas “El Ciruelo, S.A.”, Fincas Toli, S.L. y Cerezas Aitana, S.L. la provisión del material vegetal y el asesoramiento técnico durante el cultivo y la financiación al Ministerio Español de Economía y Competitividad y a la UE (fondos FEDER, AGL2012-35402/ALI).

Referencias

- Babalar, M., Asghari, M., Talaei, A., Khosroshahi, A. 2007. Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. *Food Chemistry* 105: 449-453.
- Cao, J. K., Yan, J. Q., Zhao, Y. M., Jiang, W. B. 2013. Effects of four pre-harvest foliar sprays with b-aminobutyric acid or salicylic acid on the incidence of post-harvest disease and induced defence responses in jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) fruit after storage. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 88: 338-344.
- Creelman, R.A., Mullet, J.E. 1997. Biosynthesis and action of jasmonates in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 48: 355-381.
- Díaz-Mula, H. M., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Valero, D., Zapata, P. J., Guillén, F., et al. 2009. Organoleptic, nutritive and functional properties of sweet cherry as affected by cultivar and ripening stage. *Food Science and Technology International* 15: 535-543.
- Díaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Guillén, F., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Valero, D., Serrano, M., 2008. Changes in physicochemical and nutritive parameters and bioactive compounds during development and on-tree ripening of eight plum cultivars: a comparative study. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88: 2499-2507.
- FAOSTAT 2015. Dirección de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Datos 2013.
- Fatemi, H., Mohammadi, S., Aminifard, M. H. 2013. Effect of postharvest salicylic acid treatment on fungal decay and some postharvest quality factors of kiwifruit. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 46: 1338-1345.
- FDA-EPA, 2013. Methyl Jasmonate; Exemption From the Requirement of a Tolerance. Document 78 FR 22789. pp. 22789–22794, <https://federalregister.gov/a/2013-08829G>.
- Giménez, M.J., Serrano, M., Valverde, J.M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D., Guillén, F. 2016. Preharvest salicylic acid and acetylsalicylic acid treatments preserve quality and enhance antioxidant systems during postharvest storage of sweet cherry cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, (wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/jsfa.7853.
- Giménez, M.J., Valverde, J.M., Valero, D., Díaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Serrano, M., Moral, J., Castillo, S. 2015. Methyl salicylate treatments of sweet cherry trees improve fruit quality at harvest and during storage. *Scientia Horticulturae* 197: 665-673.
- Giménez, M.J., Valverde, J.M., Valero, D., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Serrano, M., Castillo, S. 2014. Quality and antioxidant properties on sweet cherries as affected by preharvest salicylic and acetylsalicylic acids treatments. *Food Chemistry* 160: 226-232.
- Gil, M.I., Tomás-Barberán, F.A., Hess-Pierce, B., Kader, A.A. 2002. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nec-tarine,

- peach, and plum cultivars from California. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 4976-4982.
- González-Aguilar, G.A., Buta, J.G., Wang, C.Y. 2003. Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya 'Sunrise'. *Postharvest Biology and Technology* 28: 361-370.
- Guillén, F., Díaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Valero, D., Serrano, M., Castillo, S., Martínez-Romero, D., 2013. *Aloe arborescens* and *Aloe vera* gels as coatings in delaying postharvest ripening in peach and plum fruit. *Postharvest Biology and Technology* 83: 54-57.
- Hayat, S., Ahmad, A. 2007. *Salicylic Acid: A Plant Hormone*. Dordrecht: Springer.
- Hodges, D.M., Lester, G.E., Munro, K.D., Toivonen, P.M.A. 2004. Oxidative stress: importance for postharvest quality. *HortScience* 39: 924-929.
- Khan, A.S., Singh, Z. 2007. Methyl jasmonate promotes fruit ripening and improves fruit quality in Japanese plum. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 82: 695-706.
- Martínez-Esplá, A., Zapata, P.J., Castillo, S., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Valero, D., Serrano, M. 2014. Preharvest application of methyl jasmonate (MeJA) in two plum cultivars. 1. Improvement of fruit growth and quality attributes at harvest. *Postharvest Biology and Technology* 98: 98-105.
- McCune, L.M., Kubota, C., Stendell-Hollins, N.R., Thomson, C.A., 2011. Cherries and health: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 51: 1-12.
- Meng, X., Han, J., Wang, Q., Tian, S. 2009. Changes in physiology and quality of peach fruits treated by methyl jasmonate under low temperature stress. *Food Chemistry* 114: 1028-1035.
- Mondal, K., Malhotra, S.P., Jain, V., Singh, R. 2009. Oxidative stress and antioxidant systems in guava (*Psidium guajava* L.) fruits during ripening. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 15: 327-334.
- Peleg, Z., Blumwald, E. 2011. Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants. *Current Opinion in Plant Biology* 14: 290-295.
- Peña-Cortés, H., Barrios, P., Dorta, F., Polanco, V., Sánchez, C., Sánchez, E., Ramírez, I. 2005. Involvement of jasmonic acid and derivatives in plant response to pathogen and insects and in fruit ripening. *Journal of Plant Growth Regulation* 23: 246-260.
- Remón, S., Venturini, M.E., López-Buesa, P., Oria, R. 2003. Burlat cherry quality after long range transport: optimisation of packaging conditions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 4: 425-434.
- Rudell, D.R., Fellman, J.K., Mattheis, J.P. 2005. Preharvest application of methyl jasmonate to 'Fuji' apples enhances red coloration and affects fruit size, splitting, and bitter pit incidence. *HortScience* 40: 1760-1762.
- Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Serrano, M., Valero, D., 2011a. Vapour treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. *Food Chemistry* 124: 964-970.
- Sayyari, M., Castillo, S., Valero, D., Díaz-Mula, H.M., Serrano, M. 2011b. Acetyl salicylic acid alleviates chilling injury and maintains nutritive and bioactive compounds and antioxidant activity during postharvest storage of pomegranates. *Postharvest Biology and Technology* 60: 136-142.
- Serradilla, M. J., Martín, A., Ruiz-Moyano, S., Hernández, A., López-Corrales, M., Córdoba, M. D. G. 2012. Physicochemical and sensorial characterisation of four sweet cherry cultivars grown in Jerte Valley (Spain). *Food Chemistry* 133: 1551-1559.

- Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D. 2005. Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 2741-2745.
- Tareen, M.J., Abbasi, N.A., Hafiz, I.A. 2012. Postharvest application of salicylic acid enhanced antioxidant enzyme activity and maintained quality of peach cv. 'Flordaking' fruit during storage. *Scientia Horticulturae* 142: 221-228.
- Tomás-Barberán, F.A., Ruiz, D., Valero, D., Rivera, D., Obón, C., Sánchez-Roca, C., Gil, M.I., 2013. Health benefits from pomegranates and stone fruit, including plums, peaches, apricots and cherries. In: Skinner, M., Hunter, D. (Eds.), *Bioactives in Fruit: Health Benefits and Functional Foods*. John Wiley & Sons, Ltd., Oxford, UK.
- Valero, D., Díaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M. 2013. Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 77: 1-6.
- Valero, D., Serrano, M. 2010. *Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality*. CRC-Taylor & Francis, Boca Raton, USA.
- Wang, Z., Ma, L., Zhang, X., Xu, L., Cao, J., Jiang, W. 2015. The effect of exogenous salicylic acid on antioxidant activity, bioactive compounds and antioxidant system in apricot fruit. *Scientia Horticulturae* 181: 113-120.
- Wang, S.Y., Zheng, W. 2005. Preharvest application of methyl jasmonate increases fruit quality and antioxidant capacity in raspberries. *International Journal of Food Science and Technology* 40: 187-195.
- Yao, H., Tian, S. 2005. Effects of pre- and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. *Postharvest Biology and Technology* 35: 253-262.
- Yin, X. R., Zhang, Y., Zhang, B., Yang, S. L., Shi, Y. N., Ferguson, I.B., Chen, K.S. 2013. Effects of acetylsalicylic acid on kiwifruit ethylene biosynthesis and signaling components. *Postharvest Biology and Technology* 83: 27-33.
- Zapata, P.J., Martínez-Esplá, A., Guillén, F., Díaz-Mula, H.M., Martínez-Romero, D., Serrano, M., Valero, D. 2014. Preharvest application of methyl jasmonate (MeJA) in two plum cultivars. 2. Improvement of fruit quality and antioxidant systems during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 98: 115-122.
- Ziosi, V., Bonghi, C., Bregoli, A.M., Trainotti, L., Biondi, S., Sutthiwal, S., Kondo, S., Costa, G., Torrigiani, P. 2008. Jasmonate-induced transcriptional changes suggest a negative interference with the ripening syndrome in peach fruit. *Journal of Experimental Botany* 59: 563-573.