

Tratamientos innovadores aplicados en pre-cosecha para incrementar la calidad en ciruelas y cerezas

M. Serrano (Dept. Biología Aplicada. EPSO, Universidad Miguel Hernández. Orihuela, Alicante).
D. Valero, M.E. García-Pastor, A. Martínez-Esplá, M.J. Giménez, P.J. Zapata, F. Guillén, J.M. Valverde,
D. Martínez-Romero y S. Castillo (Dept. Tecnología Agroalimentaria. EPSO, Universidad Miguel
Hernández. Orihuela, Alicante).

En este trabajo se presenta una revisión de los principales resultados obtenidos por el Grupo de Post-recolección de Frutas y Hortalizas de la Universidad Miguel Hernández relativos al proyecto AGL2012-35402. El objetivo de este proyecto fue analizar el efecto de los tratamientos pre-cosecha de ciruelas y cerezas con 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, 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. Así pues, estos tratamientos podrían considerarse como una herramienta eficaz para incrementar la calidad de estos frutos y, sobre todo, su contenido en compuestos antioxidantes, en el momento de la recolección comercial y durante la conservación, con el consiguiente incremento en los beneficios para la salud que tiene el consumo de estos frutos de hueso.

PALABRAS CLAVE: *Prunus salicina* L., *Prunus avium* L., crecimiento, maduración, salicilato de metilo, ácido salicílico, ácido acetil salicílico, jasmonato de metilo, fenoles, antioxidantes.

INTRODUCCIÓN

La producción de ciruelas y cerezas en España es 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), que aportan beneficios para la salud de los consumidores (McKune y col., 2011; Tomás-Barberán y col., 2013). Todos estos parámetros de calidad incrementan con la maduración en el árbol, aunque existen diferencias importantes entre especies y variedades (Díaz-Mula y col., 2008; 2009; Serrano y col., 2005; Serradilla y col., 2012). Sin embargo, durante la manipulación, conservación y transporte los frutos continúan su proceso de maduración y senescencia, el cual, 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 la conservación en frío en combinación con otros tratamientos o tecnologías, como conservación en atmósferas modificadas o controladas, recubrimientos comestibles, o tratamientos con 1-metilciclopropeno, calcio o calor (Valero y Serrano, 2010). En este sentido, compuestos como ácido salicílico (AS) y jasmonato de metilo (JaMe), que están presentes en las plantas con la función principal de inducir sus sistemas de defensa frente al ataque de patógenos y de herbívoros y al estrés abiótico (Creelman y Mullet, 1997; Hayat y Ahmad, 2007; Peleg y Blumwald, 2011), también se ha comprobado que afectan a la calidad de los frutos. Así, tratamientos post-recolección de diferentes frutos con AS o sus derivados ácido acetilsalicílico (AAS) y salicilato de metilo (SaMe) han mostrado beneficios,



fytosave

fitovacuna **vegetal**

*El mayor avance biotecnológico
para el control preventivo de Oídio.*

Nuevo fitosanitario de bajo riesgo
n° de registro ES-00209



LIDA
plant research



www.lidaplantresearch.com

reduciendo las podredumbres, los daños por frío y retrasando el proceso de maduración durante la conservación, tanto en frutos climatéricos como no climatéricos (Sayyari y col., 2011; Valero y col., 2011; Yin y col., 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 y col., 2007), jobera (Cao y col., 2013) y cereza (Yao y Tian, 2005). Por otra parte, el ácido jasmónico y su derivado jasmonato de metilo (JaMe) también se han aplicado como tratamientos post-cosecha y han demostrado su eficacia en reducir los daños por frío y los problemas de podredumbres en granada (Sayyari y col., 2011), papaya (González-Aguilar y col., 2003) y melocotón (Meng y col., 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 y col., 2005). Por el contrario, la implicación de los jasmonatos en los procesos de desarrollo y maduración del fruto se han estudiado en menor profundidad. 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 y col., 2005; Ziosi y col., 2008; Martínez-Esplá y col., 2014). En este trabajo de revisión se van a comentar algunos de los resultados obtenidos en el proyecto AGL2012-35402, realizados por el Grupo de Post-recolección de la Universidad Miguel Hernández, cuyo objetivo fundamental fue evaluar el efecto de los tratamientos de ciruelas y cerezas durante su desarrollo en el árbol, con diferentes concentraciones de AS, AAS, SaMe y 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, 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, España) y la variedad 'Lapins' de la empresa 'Cerezas Aitana', situada en Alcoy (Alicante, España). 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 (Figura 1 a y b).

Principales resultados

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 y col., 2014).

Las ciruelas control y las tratadas con JaMe se conservaron durante nueve días a 20 °C y a 2 °C más 1 día a 20 °C durante cincuenta 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 y de actividad antioxidante que se encontraron en los frutos tratados en el momento de la recolección se mantuvieron durante cincuenta 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 y col., 2014).

Resultados similares se obtuvieron en estas dos variedades de ciruela con los tratamientos con AS (0,5 mM), AAS (1 mM) y SaMe (0,5 mM), ya que algunos parámetros de calidad, como peso del fruto, firmeza, azúcares, ácidos orgánicos, fenoles, carotenoides y antocianinas fueron mayores en el momento de la recolección en las ciruelas de los árboles tratados y se mantuvieron también a niveles más elevados durante la conservación post-recolección (Martínez-Esplá y col., 2017a; 2017b).

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 (Giménez y col., 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 y col., 2016; Valverde y col., 2015).

Conclusiones

En general, los resultados de este proyecto mostraron que los tratamientos con JaMe, AS, 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



Figura 1 a y b: Tratamientos de ciruelos y cerezos con AS, AAS, SaMe y JaMe mediante espray foliar.

conllevaría a retrasar estos procesos y al mantenimiento de la calidad durante mayores períodos de tiempo. Asimismo, estos compuestos, aplicados como tratamientos post-cosecha, mostraron efectos beneficiosos manteniendo los parámetros de calidad de los frutos durante la conservación.

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).

Abstract: A review of the main results from the project AGL2012-35402 developed by the Postharvest Group of University Miguel Hernández is provided in the present paper. The major objective of this project was to evaluate the effect of pre-harvest treatment of plum and sweet cherry trees with salicylic acid (SA), acetyl salicylic acid (ASA), methyl salicylic acid (MeSA) and methyl jasmonate (MeJA) on fruit growth and quality properties, at harvest and along storage. These treatments increased fruit size at harvest, although the most effective dose was different depending on fruit species and cultivar. In addition, some quality parameters, such

as weight, firmness and sugar content as well as fruit content on bioactive compounds (phenolics, anthocyanins and carotenoids) were found at higher levels in fruits from treated trees than in those from control trees. Moreover, these differences were maintained after long term storage. Thus, these treatments could be considered as an efficient tool to increase plum and sweet cherry quality and mainly their content in antioxidant compounds, with additional effects on increasing the health effects of fruit consumption.

BIBLIOGRAFÍA

- 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 β -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. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 48, 355-381.
- Díaz-Mula, H. M., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Valero, D., Zapata, P. J., Guillén, F. y col., 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.
- 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.
- 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.
- Hayat, S., Ahmad, A., 2007. *Salicylic Acid: A Plant Hormone*. Dordrecht: Springer.
- Martínez-Esplá, A., Serrano, M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Zapata, P.J. 2017a. Enhancement of antioxidant systems and storability of two plum cultivars by preharvest treatments with salicylates. *International Journal of Molecular Sciences*, in press por 18, 1911; doi:10.3390/ijms18091911.
- 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.
- Martínez-Esplá, A., Zapata, P.J., Valero, D., Martínez-Romero, D., Díaz-Mula, H.M., Serrano, M., 2017. Preharvest treatments with salicylates enhance nutrient and antioxidant compounds in plum at harvest and after storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 18, 1911; doi:10.3390/ijms18091911.
- McCune, L.M., Kubota, C., Stendell-Hollins, N.R., Thomson, C.A., 2011. Cherries and health: a review. *Critical Review 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.
- Peleg, Z., Blumwald, E., 2011. Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants. *Current Opininn 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.
- 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., 2011. 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.
- 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.
- 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., Castillo, S., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Serrano, M., 2011. Postharvest treatments with salicylic acid, acetylsalicylic acid or oxalic acid delayed ripening and enhanced bioactive compounds and antioxidant capacity in sweet cherry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 5483-5489.
- Valero, D., Serrano, M., 2010. *Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality*. CRC-Taylor & Francis, Boca Raton, USA.
- Valverde, J.M., Giménez, M.J., Guillén, F., Valero, D., Martínez-Romero, D., Serrano, M., 2015. Methyl salicylate treatments of sweet cherry trees increase antioxidant systems in fruit at harvest and during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 109, 106-113.
- 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., Torigiani, P., 2008. Jasmonate-induced transcriptional changes suggest a negative interference with the ripening syndrome in peach fruit. *Journal of Experimental Botany*, 59, 563-573.