

Ácido oxálico, el elicitor que mejora la calidad y la vida útil de cerezas tempranas

Daniel Cortés-Montaña¹, Manuel Joaquín Serradilla¹, M. Josefa Bernalte-García², Pablo Bañuls¹, Ana Fernández-León¹, Belén Velardo-Micharet¹

¹Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX)

²Universidad de Extremadura (Dep. de Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra)

21/09/2020

[334](#)

Las cerezas tempranas se caracterizan por presentar una firmeza blanda y un color rojo claro que no suele satisfacer la demanda de los consumidores. Con el fin de mejorar estos dos aspectos de calidad tan cruciales para la comercialización de las cerezas, en este trabajo se llevó a cabo la aplicación en precosecha de diferentes concentraciones (2, 3, 5 y 9 mmol L⁻¹) de ácido oxálico sobre el cultivar 'Samba'. Tras la recolección, las cerezas se almacenaron a 1 °C y 90-95% HR durante 28 días, determinándose la calidad de las mismas tras la recolección y al final del almacenamiento poscosecha. La aplicación de ácido oxálico 2 mmol L⁻¹ dio como resultado cerezas de mayor calibre y color de piel y pulpa más oscuras, así como una menor pérdida de acidez titulable, lo que implica un retraso de la senescencia.

Los elicitores son moléculas que, a bajas concentraciones, desempeñan funciones fisiológicas en las plantas como la inducción de sistemas de resistencia contra enfermedades causadas por microorganismos (Hernández y col., 2015; Wang y col., 2017), contribuyendo a una mejora de la aptitud poscosecha del fruto, mejorando su calidad global en el momento de la recolección (Martínez-Esplá, 2017). El ácido oxálico (AO) es un elicitor presente en animales, plantas y hongos de forma natural (Çalışkan, 2000), considerado como una sustancia GRAS (generalmente reconocida como segura) y, por tanto, su uso se considera respetuoso con el entorno.



Cerezas 'Samba' tras la primera aplicación del tratamiento por pulverización foliar.

El cerezo (*Prunus avium*, L.) es un cultivo estratégico para el sector frutícola extremeño en términos de producción y comercialización. En la actualidad, la mayor parte de la producción se destina a la exportación a mercados europeos e internacionales, los cuales precisan de largos periodos de almacenamiento poscosecha bajo condiciones de refrigeración y alta humedad relativa (HR). Respecto a la cereza, interesan los cultivares tempranos y calibres grandes ya que, por su precocidad, alcanzan elevados precios en los mercados. Sin embargo, el principal problema de calidad de los cultivares tempranos se debe a que difícilmente llegan a adquirir el color roja caoba y la textura crocante deseada por los consumidores.

Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación precosecha, mediante aplicación foliar, de diferentes concentraciones de AO sobre la calidad estándar de cerezas del cultivar temprano 'Samba', tras la recolección y después de ser sometido a un largo periodo de almacenamiento poscosecha.



Aplicación de los tratamientos de elicitores mediante pulverización foliar.

Materiales y métodos

Material Vegetal y diseño experimental

El estudio se llevó a cabo en el cultivar 'Samba', injertado sobre el patrón 'Marilan' (Mariana-Adara), localizado en una finca comercial a 400 m de altitud en el término municipal de Cabrero (Cáceres, España). La plantación se encontraba en su sexto verde de producción y con un marco de plantación de 3 x 4 m. Se seleccionaron 3 árboles por tratamiento, Control y Ácido Oxálico (AO) en diferentes concentraciones, 2, 3, 5 y 9 mmol L⁻¹. Las aplicaciones se realizaron mediante pulverización foliar, en los tres momentos claves de desarrollo del fruto (endurecimiento del hueso, cambio de color y cinco días antes de la recolección comercial).

Tras la recolección, las cerezas fueron trasladadas mediante transporte refrigerado a la central hortofrutícola, donde fueron sometidas a un preenfriamiento por 'Hydrocooling', mediante ducha, en una solución de agua con hipoclorito cálcico a una concentración de 60 ppm (1 °C, pH=7). Seguidamente, se realizó una selección en base al calibre, color de piel y ausencia de defectos empleándose una calibradora con visión artificial (MAF-RODA, Valencia). Posteriormente, se establecieron lotes homogéneos de cada tratamiento y se almacenaron en condiciones de atmósfera ordinaria en cámaras frigoríficas a 1 °C y 90-95% HR durante 28 días. Para las determinaciones de calidad, se tomó una muestra al azar de 30 frutos por tratamiento, tras la recolección y al final del periodo de almacenamiento.

Método de análisis

El peso se analizó con una balanza electrónica *PB 1502* (Mettler Toledo, Madrid, España). El calibre se determinó mediante un calibrador digital *ABS Digimatic*, realizándose las medidas en el eje ecuatorial de las cerezas (calibre máximo). La determinación de la firmeza se realizó mediante un ensayo de compresión al 3% sobre fruto entero, con un plato de 25 mm de diámetro, utilizando un texturómetro *Stable Micro Systems TAXT2i* (Aname, Pozuelo, Madrid, España). A partir de la curva de fuerza-deformación se calculó la fuerza máxima (N) y pendiente de la curva (N·mm⁻¹). El color de la piel y pulpa se determinó en las dos caras opuestas del fruto con un colorímetro de reflectancia *Minolta CR-400* (Minolta

Co, Osaka, Japón), empleándose las coordenadas de color CIE L*a*b*, a partir de las cuales se calculó la relación a*/b*. El contenido en sólidos solubles totales (SST) y la acidez titulable (AT) se determinaron a partir de 3 homogeneizados de fruta por tratamiento. Para cuantificar los sólidos solubles totales (SST) se empleó un refractómetro digital portátil PR-01 (Atago CO., LTD, Tokyo, Japan), expresándose los resultados en grados Brix. En cuanto a la AT, las valoraciones se llevaron a cabo con un valorador automático T-50 Graphix (Mettler Toledo, Coslada, Madrid, España), utilizando una disolución 0,1 N de NaOH, y los resultados se expresaron en gramos de ácido málico por 100 gramos de fruta fresca. A partir de los datos de SST y AT, se calculó el índice de maduración (IM) o aceptabilidad, como la relación SST/AT.

Análisis estadístico

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) usando el programa informático SPSS 21 (IBM). En los casos en los que presentaron diferencias significativas, se realizó el test Tukey para comparación múltiple de medias. En todos los casos se empleó un nivel de confianza del 95 %.

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se representa la distribución de calibres por tratamiento obtenida en recolección comercial. Aunque todos los frutos estuvieron dentro de la categoría extra, ya que todas las cerezas presentaron calibres superiores a +22/+24 mm, los distintos tratamientos proporcionaron diferentes categorías comerciales en función de su calibre. El tratamiento control tuvo un 66,7% de calibres que se etiquetan como XL (calibre +26 mm) y un 33,3% como Jumbo (calibre +28 mm). Esta distribución es similar a la obtenida en los tratamientos AO 3 y 9 mmol L⁻¹ aunque en estos tratamientos se obtuvo, además, un 6,7 % y 3,3 %, respectivamente, pertenecientes al etiquetado L (calibre +22/+24 mm). El tratamiento AO 2 mmol L⁻¹ mejoró la distribución de calibres, proporcionando un 60% de cerezas pertenecientes al etiquetado Jumbo y un 10% a Premium (calibre +30 mm). Las cerezas con mayor calibre son muy apreciadas por los consumidores, llegando a alcanzar un mayor precio en el mercado. Por ello, la aplicación precosecha de AO 2 mmol L⁻¹ mejoró el rendimiento económico de la plantación.

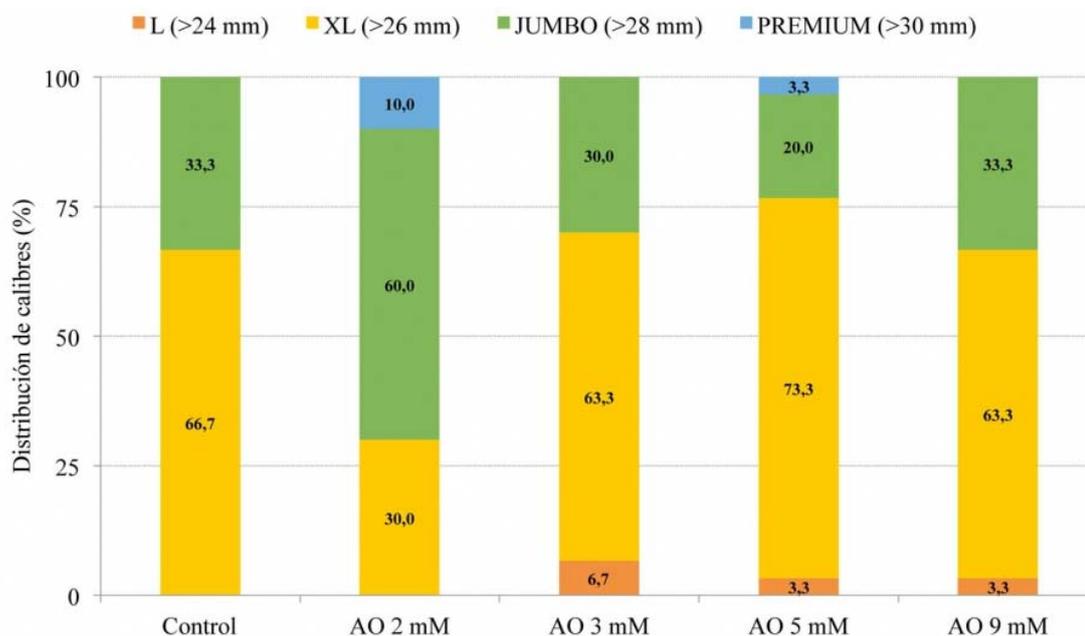


Figura 1. Distribución de calibres de las cerezas 'Samba' control y tratadas con AO en el momento de la recolección comercial.

En cuanto a la firmeza (Tabla 1), los valores medios para todos los tratamientos estuvieron en torno a $1,75 \pm 0,39$ ($N \cdot mm^{-1}$) después de la recolección, mostrando las cerezas tratadas con AO 2 $mmol L^{-1}$ los valores más bajos, incluso mostrando diferencias significativas respecto al control. Sin embargo, después del almacenamiento poscosecha se pudo observar un valor medio de $2,36 \pm 0,35$ ($N \cdot mm^{-1}$) para todos los tratamientos. Este ligero incremento de la firmeza observada al final del almacenamiento se relaciona con una mayor plasticidad o rigidez de los tejidos que ofrecen, por tanto, mayor resistencia a la compresión (Zoffoli y col., 2017).

DÍA		CONTROL	AO 2 $mmol L^{-1}$	AO 3 $mmol L^{-1}$	AO 5 $mmol L^{-1}$	AO 9 $mmol L^{-1}$	p
IM (SST/AT)	0	18,635 \pm 1,103 b	21,333 \pm 1,7404 a	17,939 \pm 0,234 b	19,1456 \pm 0,516 b	18,359 \pm 0,243 b	*
	28	22,672 \pm 1,901	21,457 \pm 3,162	21,950 \pm 1,202	20,736 \pm 0,518	21,183 \pm 0,951	
SST (°Brix)	0	15,7667 \pm 0,981 ab	17,533 \pm 1,415 a	14,133 \pm 0,833 b	15,333 \pm 0,321 b	14,467 \pm 0,208 b	*
	28	15,100 \pm 0,889	16,233 \pm 1,620	15,400 \pm 0,625	14,967 \pm 0,153	14,533 \pm 0,709	
Firmeza ($N \cdot mm^{-1}$)	0	1,779 \pm 0,379 a	1,441 \pm 0,385 b	1,795 \pm 0,402 a	1,878 \pm 0,319 a	1,876 \pm 0,305 a	*
	28	2,215 \pm 0,383	2,386 \pm 0,367	2,405 \pm 0,343	2,394 \pm 0,283	2,422 \pm 0,321	

Valores medios de cada tratamiento y su desviación típica Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas $p < 0.05$ (*).

Tabla 1. Relación SST/AT, Sólidos Solubles Totales (°Brix), y firmeza ($N \cdot mm^{-1}$) de cerezas del cultivar 'Samba' a día 0 y 28 de almacenamiento poscosecha en refrigeración.

En la Figura 2 se representa el ratio a^*/b^* del color de la piel. En el momento de la recolección (día 0) solamente se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento control y el AO 9 $mmol L^{-1}$. Este último tratamiento se caracterizó por tener las cerezas con valores muy superiores de L^* ($44,65 \pm 13,74$) y una menor relación a^*/b^* , lo que indica que la fruta estaba menos madura. Tras 28 días de almacenamiento, sólo el tratamiento AO 2 $mmol L^{-1}$ mostró diferencias con respecto al control ($p < 0.05$) para todos los parámetros, a excepción de L^* . Todo esto se traduce en una fruta más oscura, propia de cerezas de color caoba oscuro (Zoffoli y col., 2017). En estudios previos se ha demostrado que el ratio a^*/b^* es un índice apropiado para clasificar el estado de maduración de las cerezas, aunque este parámetro depende del cultivar a estudiar (García-Montiel y col., 2010).

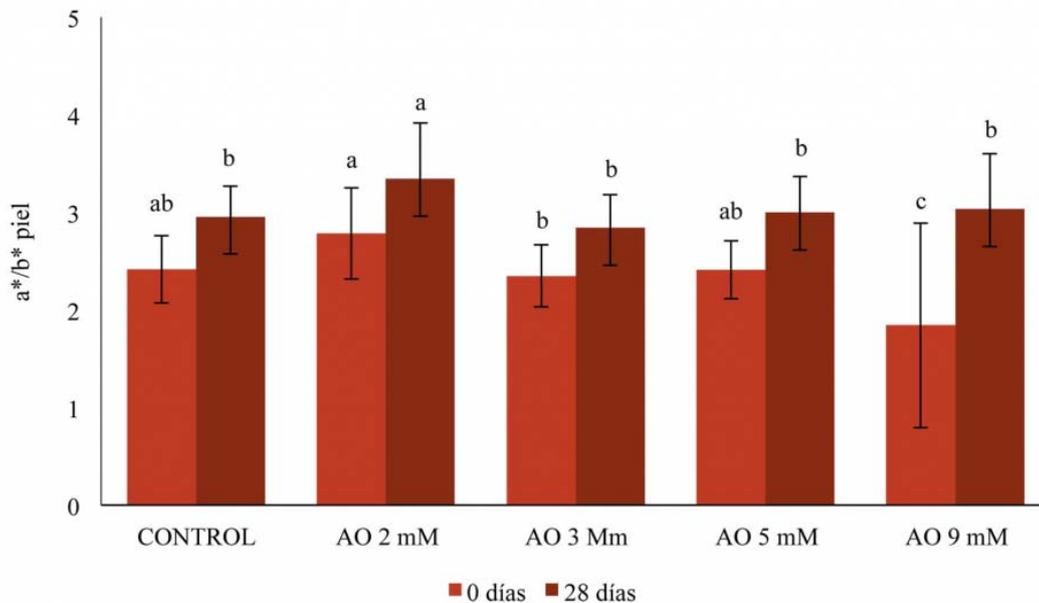


Figura 2. Relación a^*/b^* del color de la piel de las cerezas 'Samba' control y tratadas con AO al inicio (0 días) y el final (28 días) del almacenamiento poscosecha. Valores medios \pm desviación típica (n=30) Letras diferentes en columnas del mismo color indican diferencias significativas $p < 0.05$ (*).

En recolección comercial hubo diferencias en el color de la pulpa (Figura 3). Todos los tratamientos de ácido oxálico proporcionaron pulpas más rojas (mayor a^*) pero solo con diferencias significativas en el tratamiento AO 2 mmol L⁻¹. A los 28 días de almacenamiento en refrigeración, todos los tratamientos mostraron valores de b^* inferiores al control con diferencias significativas. El tratamiento AO 2 mmol L⁻¹ proporcionó pulpas con valores de a^* y relación a^*/b^* superiores, lo cual indica una mayor pigmentación en la pulpa de estos frutos frente al resto de tratamientos (Figura 4).

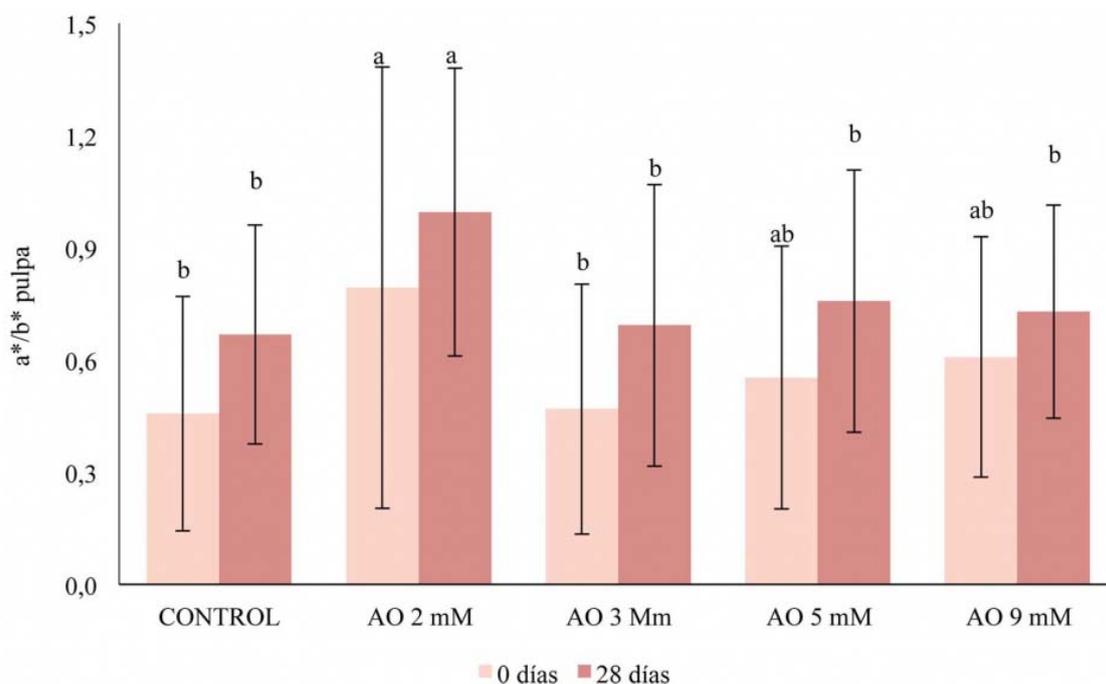


Figura 3. Relación a^*/b^* del color de la pulpa de las cerezas 'Samba' control y tratadas con AO al inicio (0 días) y el final (28 días) del almacenamiento poscosecha. Valores medios \pm desviación típica (n=30) Letras diferentes en columnas del mismo color indican diferencias significativas $p < 0.05$ (*).

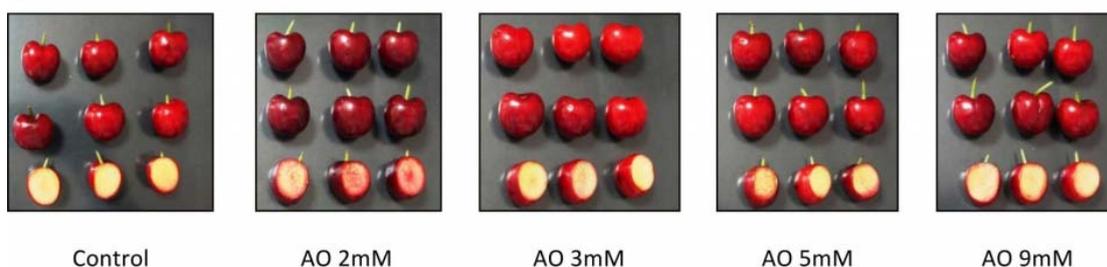


Figura 4. Color de piel y de pulpa de cerezas 'Samba' control y tratadas con AO en recolección comercial. Respecto al contenido de SST (Tabla 1) y AT (Figura 5), en el momento de la recolección comercial, no se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento control y las cerezas tratadas con AO, presentando los frutos un valor medio de $15,45 \pm 1,44$ °Brix y una acidez de $0,81 \pm 0,03$ g de ácido málico/100 g de peso fresco. Este valor medio de acidez titulable estuvo por encima del valor de 0,75 g de ácido málico/100 g de peso fresco recomendado para largos periodos de almacenamiento (Zoffoli y col., 2017). Tras 28 días de conservación, se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento control y los de AO 2 y AO 5 mmol L⁻¹, con valores de $0,67 \pm 0,02$, $0,76 \pm 0,04$ y $0,72 \pm 0,01$ g de ácido málico/100 g de peso fresco, respectivamente. Una mayor pérdida de acidez implica una

mayor tasa respiratoria y es indicativo de una mayor aceleración del proceso de senescencia del fruto.

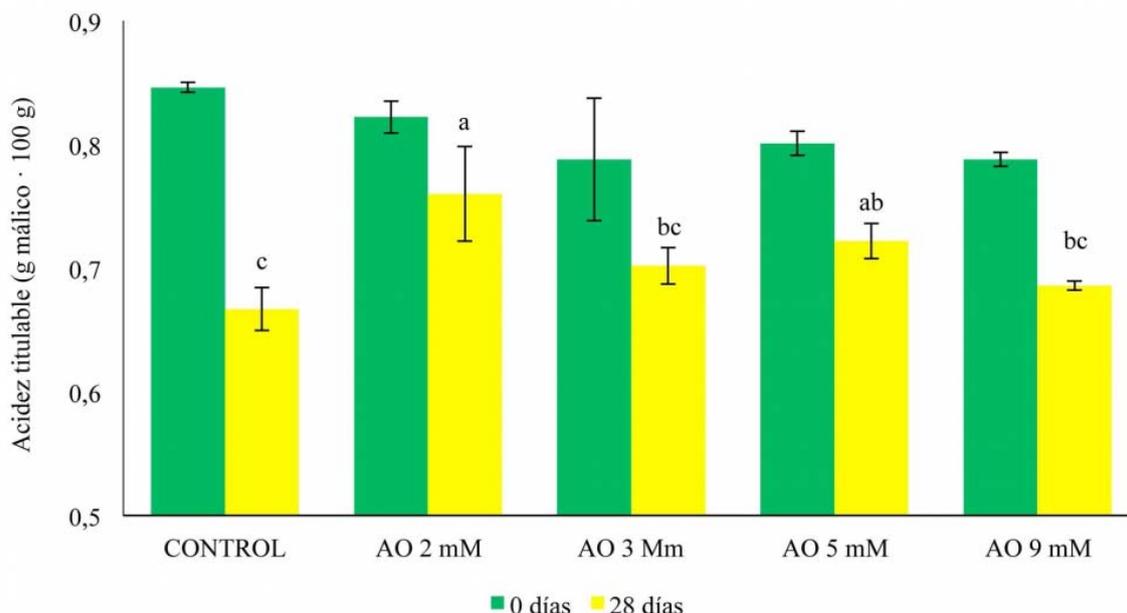


Figura 5. Acidez titulable de las cerezas 'Samba' control y tratadas con AO al inicio (0 días) y el final (28 días) del almacenamiento poscosecha. Valores medios \pm desviación típica ($n=30$) Letras diferentes en columnas del mismo color indican diferencias significativas $p < 0.05$ (*).

El índice IM (STT/AT) se relaciona directamente con la aceptabilidad que la fruta tendría por parte del consumidor (Crisosto y col 2003). Las cerezas tratadas con AO 2 mmol L⁻¹ presentaron un mayor IM, llegando incluso a mostrar diferencias significativas con el control y con el resto de tratamientos, por lo que se esperaría una mejor aceptabilidad de estas cerezas por parte de los consumidores. Los resultados obtenidos en este trabajo confirman los obtenidos por Martínez-Esplá y col (2014), donde el tratamiento AO 2 mmol L⁻¹ mejoró el peso, calibre y el color de las cerezas sin afectar al proceso normal de maduración en el árbol y, además, mejoró la calidad bioactiva de los frutos debido al incremento de compuestos fenólicos.

Conclusiones

Las cerezas tratadas con AO 2 mmol L⁻¹ mostraron una mejor distribución de calibres, mejor color de piel y pulpa y mantuvo una mejor acidez titulable tras el periodo de almacenamiento. Por tanto, la aplicación precosecha de AO 2 mmol L⁻¹ podría ser incluida dentro de la programación de tratamientos para mejorar la calidad de las cerezas 'Samba'.

Agradecimientos

Daniel Cortés-Montaña contó con un contrato FPI-INIA (Formación del Personal Investigador - Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y alimentaria) para la realización de este estudio bajo la financiación del proyecto RTA2017-00092-00-00.

Referencias bibliográficas

- Çaliskan, Mahmut (2000). The Metabolism of Oxalic Acid. *Turkish Journal of Zoology*, 24 (2000): 103–106.
- Crisosto, C.H., Crisosto, G.M., Metheney, P., (2003). Consumer acceptance of 'Brooks' and 'Bing' cherries is mainly dependent on fruit SSC and visual skin color. *Postharvest Biology and Technology*, 28: 159-167.
- Garcia-Montiel, F., Serrano, M., Martínez-Romero, D., Albuquerque, N. (2010). Factors influencing fruit set and quality in different sweet cherry cultivars. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2010 8(4): 1118-1128.

- Hernández V., Hellín P., Fenoll J., Garrido I., Cava J., Flores P., (2015). Increasing yield and quality of tomato cultivated under high temperature conditions through the use of elicitors. *Procedia Environmental Sciences* 29 (2015): 184.
- Martínez-Esplá, A., García-Pastor, M.E., Zapata, P.J., Guillén, F., Serrano, M., Valero, D., Gironés-Vilaplana, A., (2017). Preharvest application of acid oxalic improves quality and phytochemical content of artichoke (*Cynara scolymus* L.) at harvest and during storage. *Food Chemistry*, 230: 343-349.
- Martínez-Esplá, A., Zapata, P.J., Valero D., García-Viguera C., Castillo S., Serrano M., (2014). Preharvest Application of Oxalic Acid Increased Fruit Size, Bioactive Compounds, and Antioxidant Capacity in Sweet Cherry Cultivars (*Prunus avium* L.) *J. Agric. Food Chem.* 2014: 62, 15, 3432–3437.
- Wang, N., Tianli Guo, Xun Sun, Xin Jia, Ping Wang, Yun Shao, Bowen Liang, Xiaoqing Gong, Fengwang Ma, (2017). Functions of two *Malus hupehensis* (Pamp.) Rehd. YTPs (MhYTP1 and MhYTP2) in biotic- and abiotic-stress responses. *Plant Science* 261 (2017): 18–27.
- Zoffoli, J.P., Toivonen, P., Wang, Y., (2017). Postharvest biology and handling for fresh markets. *Cherries: Bot. Prod. Uses* 460–484.