

XLIV JORNADAS DE VITICULTURA Y ENOLOGÍA TIERRA DE BARROS

IV Congreso Agroalimentario de Extremadura

CENTRO UNIVERSITARIO SANTA ANA ALMENDRALEJO



Del 3 al 6 de Mayo 2022

XLIV JORNADAS DE VITICULTURA Y ENOLOGÍA
DE LA TIERRA DE BARROS
IV CONGRESO AGROALIMENTARIO DE EXTREMADURA

Edita:

Centro Universitario Santa Ana
C/ IX Marqués de la Encomienda, nº 2
Almendralejo
Tel. 924 661 689
<http://www.univsantana.com>

Colabora: Cajalmendralejo

Ilustración de portada:

© ALBERTO CATILLO

Diseño original:

Tecnigraf S.A.

Maquetación: Virginia Pedrero

ISBN: 978-84-7930-112-0

D.L.:

Imprime: Impresal

Influencia de la aplicación vía foliar de ácido oxálico y melatonina sobre la productividad y las características de calidad en cereza tardía

VELARDO-MICHARET, B.¹

CORTÉS-MONTAÑA, D.¹

BECERRA-GUTIÉRREZ, V.¹

LEÓN-FLORES, I.A.¹

BERNALTE-GARCÍA, M.J.²

SERRADILLA, M.J.¹

¹Área de Postcosecha, Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX-INTAEX), Avd. Adolfo Suárez s/n, 06007, Badajoz, España.

²Departamento de Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra, Escuela de Ingenierías Agrarias, Universidad de Extremadura. Avd. Adolfo Suárez s/n, 06007, Badajoz, España.

RESUMEN

La cereza 'Lapins' (*Prunus avium*, L.) es un cultivar tardío de gran producción en el Valle del Jerte (Cáceres, España), que se caracteriza por presentar muy buenas características organolépticas, así como una buena vida postcosecha. Todo ello hace que tenga un elevado interés comercial para el sector de la cereza.

Por ello, el objetivo de este trabajo fue estudiar si la aplicación de elicitores, ácido oxálico (AO) y melatonina (M), podría mejorar la productividad y la calidad de este cultivar. Para ello, se seleccionaron 3 árboles por tratamiento y concentración de AO (2, 3 y 5 mM) y de M (0.1, 0.3 y 0.5 mM). El tratamiento Control (CO), fueron árboles que no recibieron ninguna aplicación de AO y M. Para cada una de las concentraciones estudiadas se realizaron tres aplicaciones vía foliar durante el atardecer en momentos clave de desarrollo y maduración de los frutos. Una vez alcanzada la recolección comercial, todos los frutos de cada árbol seleccionado se recolectaron para determinar la producción (kg/árbol). Además, una muestra de 100 frutos por árbol y tratamiento fueron tomadas al azar para llevar a cabo la caracterización fisicoquímica (peso, calibre, firmeza, color de piel y pulpa, índice de maduración no destructivo, sólidos solubles totales y acidez titulable). Los resultados revelaron que la aplicación de AO y M no mejoró la productividad de los árboles, que fue de media $13,56 \pm 1,4$ kg/árbol en todos los tratamientos. Sin embargo, sí tuvo un efecto notable sobre ciertas características de calidad del fruto que son determinantes para su vida postcosecha. Los tratamientos de AO2, M0.1 y M0.3 destacaron por presentar cerezas de mayor calibre y mejor firmeza que las cerezas del tratamiento CO.

Tanto el AO como la M, produjeron un retraso en la maduración de los frutos, presentando valores significativamente inferiores que los frutos CO en cuanto al índice de madurez no destructivo (IAD), así como una menor coloración y un menor contenido en sólidos solubles totales. En conclusión, la aplicación precosecha de ácido oxálico 2 mM y de melatonina 0.1 y 0.3 mM podría ser una buena estrategia precosecha para conseguir la calidad buscada en la fruta que se destina a mercados de exportación y que requieren de un almacenamiento prolongado previo a su distribución y consumo.

Palabras claves: *Prunus avium* L., 'Lapins', elicitores, firmeza, calibre.

ABSTRACT

The 'Lapins' cherry (*Prunus avium*, L.) is a late cultivar of high yield in the "Valle del Jerte" (Cáceres, Spain), which is characterized by its excellent organoleptic traits, as well as a good postharvest life. As a result, this cultivar is of great commercial interest to the cherry sector. The aim of this work was to study whether the application of elicitors, oxalic acid (AO) and melatonin (M), could enhance the yield and fruit quality of this cul-

tivar. For this purpose, 3 trees per treatment and concentration of AO (2, 3 and 5 mM) and M (0.1, 0.3 and 0.5 mM) were used. The control treatment (CO) was trees that did not receive any application of AO and M. For each of the concentrations studied, three foliar sprays were applied during sunset at key moments of fruit development and ripening. Once the commercial harvest was reached, all fruits from each selected tree were harvested to determine its yield (kg/tree). Additionally, a sample of 100 fruits per tree and treatment were randomly sampled for physicochemical characterisation (weight, size, firmness, skin and flesh colour, non-destructive ripening index, total soluble solids and titratable acidity). Results suggested that the application of AO and M did not enhance tree yield, which averaged was 13.56 ± 1.4 kg/tree for all treatments. Nevertheless, it had a significant effect on certain fruit quality traits, which are crucial for its postharvest life. AO₂, M_{0.1} and M_{0.3} treatments were noteworthy for showing cherries of higher size and better firmness than cherries from the CO treatment. Both AO and M, caused a delay in fruit ripening, showing significantly lower values than CO fruits in terms of the non-destructive ripeness index (DAI), as well as a lower colour and a lower total soluble solids content. In conclusion, the preharvest application of 2 mM oxalic acid and 0.1 and 0.3 mM melatonin may be a good preharvest strategy to achieve the desired quality in fruit destined for export markets that require long-term storage prior to its retail and consumption.

Key words: *Prunus avium* L., 'Lapins', elicitors, firmness, size.

INTRODUCCIÓN

La cereza es una fruta altamente valorada por los consumidores debido a sus excelentes características organolépticas (Crisosto et al., 2003). Además, es fuente de compuestos bioactivos, especialmente de compuestos fenólicos con elevada actividad antioxidante, que hacen que su consumo sea saludable (Serradilla et al., 2017). La cereza, además, también es popular por su contenido endógeno en indolaminas como la melatonina, una hormona implicada en la regulación de los ciclos de sueño-vigilia en el ser humano (González-Gómez et al., 2009; Delgado et al., 2012). El sector frutícola está experimentando actualmente, dentro de las políticas establecidas en el pacto verde de la Comisión Europea, la transición hacia una agricultura

más sostenible y respetuosa con el medio ambiente, lo que está impulsando el uso de elicitores y bioreguladores en la misma. Se trata de moléculas que, a bajas concentraciones, desencadenan una resistencia sistémica adquirida en las plantas, incluyendo cambios fisiológicos, morfológicos y acumulación de compuestos fitoquímicos a través de la inducción de vías metabólicas secundarias (Viacava et al., 2018). Existen multitud de elicitores que han demostrado ser eficaces en la mejora de la calidad de distintas frutas, si bien los resultados difieren dependiendo del cultivar, modo de aplicación, concentración aplicada, estado de maduración del fruto, etc. Los elicitores estudiados en este trabajo fueron melatonina y ácido oxálico, ambos compuestos están presentes de forma natural en los tejidos vegetales. Estudios recientes han demostrado que las aplicaciones exógenas de melatonina mediante pulverización foliar mejoran la calidad postcosecha de las cerezas, retrasando la senescencia e incrementando el potencial antioxidante de los frutos (Hui et al., 2020; Yava et al., 2021; Carrión-Antolí et al., 2022). El ácido oxálico, ha sido ampliamente utilizado en aplicaciones postcosecha para reducir la incidencia de podredumbres y de daños por frío en distintos tipos de fruta. En cereza, aplicaciones en precosecha de ácido oxálico dieron como resultado frutos de mayor calibre y una mejora del color y la firmeza de los frutos, respecto al tratamiento control (Martínez-Esplá et al., 2014).

La cereza es un cultivo estratégico para Extremadura, donde se concentra el 25,4% de la superficie en producción regular nacional y el 35,3% de la producción total (MAPA, 2021). Un tercio de la producción extremeña de cereza se destina a la exportación para consumo en fresco (FEPEX, 2021), hacia mercados que requieren de un periodo de almacenamiento postcosecha y donde las características de calidad de los frutos en el momento de la recolección cobran especial importancia. En este sentido, se buscan cultivares que presenten una buena producción, buena consistencia de la pulpa y un buen calibre.

Por todo ello, el objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la aplicación precosecha de melatonina y de ácido oxálico mediante pulverización foliar sobre la productividad y las características de calidad de cerezas 'Lapins' en el momento de su recolección.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal y diseño experimental

El estudio se llevó a cabo en cerezas (*Prunus avium*, L) del cultivar 'Lapins', producidas en una finca comercial situada en el término municipal de Valdastillas (Cáceres, España), a una altitud de 1050 m (40°9'25" N 5°56'1" O) y un marco de plantación de 5x6 m. Se emplearon 3 árboles por tratamiento y concentración de ácido oxálico (AO, 2, 3 y 5 mM) y de melatonina (M, 0.1, 0.3 y 0.5 mM). Los resultados obtenidos fueron comparados con los de árboles control (CO) que no recibieron la aplicación de elicitores. Las aplicaciones se realizaron mediante pulverización foliar y al atardecer, debido principalmente a la fotosensibilidad de la melatonina, en los tres momentos claves de desarrollo y maduración de los frutos (endurecimiento del hueso, cambio de color y cinco días antes de la recolección comercial). El mismo día de la recolección comercial, toda la cosecha de cada árbol fue recolectada para determinar la productividad (kg/árbol). Además, se cogió una muestra al azar de 100 frutos por árbol para la caracterización físico-química en el laboratorio.

Métodos de análisis

El calibre (mm) se analizó con un pie de rey digital Mutitoyo (Ovibell GmbH & Co. KG, China), realizándose las medidas a la altura de los hombros de las cerezas (calibre máximo). Para el peso (g) de los frutos se empleó una balanza electrónica CB Complet (Cobos Precisión, S.L., Barcelona, España). La firmeza se realizó en dos caras opuestas del fruto mediante un ensayo de compresión al 3% sobre fruto entero, con un Texturómetro Stable Micro Systems TAXT2i (Anname, Pozuelo, Madrid, España), expresando la firmeza de los frutos como los valores de pendiente (N/mm) obtenidos a partir de la curva de fuerza-deformación. El color de piel y pulpa se midió con un colorímetro de reflectancia CR-400 (Minolta Camera Co, Osaka, Japón), registrándose las coordenadas del espacio CIELab en las dos caras opuestas de cada fruto. El contenido en sólidos solubles totales (SST) y la acidez titulable (AT) se realizó a partir de 3 homogenizados de fruta (n=3) por tratamiento. Los SST se cuantificaron con un refractómetro digital portátil PR-01 (Atago CO., LTD, Tokyo, Japan), expresándose los resultados en °Brix. La AT se llevó a cabo en un valorador automático

T-50 Graphix (Mettler Toledo, Coslada, Madrid, España), empleando una disolución 0,1 N de NaOH hasta pH 8,1. Los resultados se expresaron en g de ácido málico por 100 g de peso fresco. A partir de los datos de SST y AT, se calculó el índice de maduración (IM) como la relación SST/ AT, así como el índice de madurez no destructivo (IAD) mediante el uso del Cherry-Meter (TrTuroni, SRL, Italia).

Análisis estadístico

El tratamiento estadístico de los resultados se realizó con el programa SPSS 21 (IBM Statistics, Chicago, IL, USA). Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA. En el caso de existir diferencias significativas entre las medias, se realizó el test de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las aplicaciones de ácido oxálico y de melatonina no tuvieron un efecto significativo sobre la producción de los árboles, que fue de media $13,56 \pm 1,41$ kg/árbol. En el caso de la melatonina, estos resultados fueron similares a los obtenidos por Carrión-Antolí et al. (2022) en los cultivares 'Prime Gian' y 'Sweet Heart'. Por contra, estos mismos autores observaron un incremento significativo de la producción en el cultivar 'Lapins' después de ser tratado con melatonina, lo que pone de manifiesto la importancia del genotipo sobre la respuesta a esta molécula. Respecto al ácido oxálico y, hasta donde llega nuestro conocimiento, no se han llevado a cabo trabajos que describan el efecto de la aplicación precosecha de este elicitador sobre la productividad de frutales de hueso, especialmente de cereza.

Respecto a la calidad presentada por los frutos en el momento de la recolección, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos en todos los parámetros físico-químicos estudiados, excepto para el ángulo de tono Hue (H) y la relación a^*/b^* de la piel.

Después de la productividad del cultivar, el tamaño de los frutos (peso y calibre) es un aspecto importante desde el punto de vista comercial, ya que determina el valor de compra. El peso medio de los frutos fue de $12,61 \pm 0,3$ g para los tratamientos de melatonina y AO2, sin diferencias significativas ($p > 0,05$) respecto a los frutos control (Figura 1). Sólo los árboles tratados con AO3 y AO5 dieron frutos más pequeños (11,75 y 10,68 g, respectiva-

mente). El calibre mayoritario de los frutos (65,3% de la muestra analizada) fue superior a 28 mm, seguido del calibre (20,1%) de 26-28 mm. Los calibres iguales o inferiores a 24 mm fueron minoritarios en este cultivar (9,2 y 5,3%, respectivamente). Los árboles tratados con M03, M05 y AO2 presentaron frutos de mayor calibre que los de los árboles control (Figura 1). Nuestros resultados coinciden con los descritos previamente en cerezas tardías tratadas con ácido oxálico (Martínez-Esplá et al., 2014, Cortés-Montaña et al., 2020) y melatonina (Carrión-Antolí et al., 2022, Cortés-Montaña et al., 2021).

Entre los parámetros de calidad fisicoquímica, la firmeza constituye un índice de cosecha en la mayoría de frutas por su importante implicación en la vida postcosecha de los frutos. En general, todos los tratamientos mejoraron la firmeza de las cerezas en el momento de la recolección respecto a los frutos control, pero sólo los árboles tratados con M01, M03 y AO2 presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) con los árboles testigos (Figura 2).

El color de la piel es otro atributo de calidad importante en la comercialización de las cerezas, existiendo una preferencia por parte de los consumidores hacia colores oscuros. La relación a^*/b^* es un buen indicador del contenido en antocianinas, los pigmentos responsables del color de las cerezas (Carrión-Antolí et al., 2022). Los frutos presentaron un valor medio de la relación a^*/b^* de la piel de 5,8 en el momento de la recolección comercial y sin diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos (datos no mostrados). Este valor se corresponde con un color caoba oscuro y fue bastante superior al descrito por Carrión-Antolí et al. (2022) en el mismo cultivar, quienes encontraron valores medios de 4,3 para el índice a^*/b^* de la piel. Tales diferencias pueden ser atribuidas a diferentes estados de maduración de los frutos o a las condiciones edafoclimáticas de la zona de producción. Considerando los parámetros $L^*a^*b^*$ de la piel en su conjunto, se advierte una coloración más clara (valores significativamente superiores de a^* y b^*) en los frutos tratados con ácido oxálico y melatonina que en las muestras control (Figura 3), evidenciando un retraso de la maduración. Respecto al color de la pulpa, los tratamientos de AO2, AO5 y M01, presentaron valores significativamente superiores de L^* , a^* , b^* , C^* y H al resto de tratamientos, indicando una coloración de pulpa más clara (Figura 4). Estos resultados coinciden parcialmente con los obtenidos en cereza temprana 'Samba' (Cortés-Montaña et al., 2020), donde se observó que los frutos tratados en precosecha con ácido oxálico presentaban una coloración de piel más clara, pero una pulpa más roja que los frutos control. Sin embargo, otros autores

(Martínez-Esplá et al., 2014), describen una mayor relación a^*/b^* en los frutos tratados en precosecha con ácido oxálico frente a los control. Todo ello pone de manifiesto la diferente respuesta de los cultivares a los tratamientos. El índice de madurez no destructivo, determinado con el Cherry Meter (IAD), fue significativamente superior en las muestras control (Figura 5), indicando un mayor estado de maduración en estos frutos respecto al resto de tratamientos. Un mayor índice de madurez (IAD) se relaciona con una mayor intensidad de color debido a una mayor acumulación de antocianinas. Las cerezas del tratamiento control también presentaron mayor contenido de SST y mayor AT en el momento de la recolección comercial (Figura 6). Estos resultados indican un retraso en la maduración de los frutos tratados con melatonina y ácido oxálico, ya que éstos presentaron una mayor firmeza, una menor coloración y un menor contenido de SST en el momento de la recolección. Estudios previos destacan un efecto inhibitorio de la melatonina sobre la maduración de los frutos en el árbol (Tijero et al., 2019; Michaelidis et al., 2021). A efectos comparativos, los resultados obtenidos en este trabajo con las aplicaciones precosecha de ácido oxálico difieren de aquéllos descritos por Martínez-Esplá et al. (2014) en diferentes cultivares de cereza y con otras concentraciones de ácido oxálico. Lo que pone de manifiesto que pueden obtenerse diferentes resultados dependiendo del cultivar, la concentración aplicada y el momento de aplicación del compuesto.

CONCLUSIÓN

En función de los resultados obtenidos en este primer año de ensayo, podríamos concluir que los tratamientos de ácido oxálico y de melatonina han resultado en frutos más grandes y firmes en el momento de la recolección comercial, así como en un retraso del desarrollo de color y del índice de madurez. Esto puede resultar especialmente útil en el cultivar de cereza 'Lapins', ya que por su carácter tardío permitiría ampliar su ventana de recolección y, con la aplicación de la tecnología postcosecha adecuada, extender su periodo de distribución y comercialización. De entre todas las concentraciones de melatonina y ácido oxálico estudiadas, ME03 y AO2 serían las más idóneas por mostrar las cerezas con las mejores características fisicoquímicas en el momento de la recolección comercial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación recibida al proyecto IMPROTEC, cofinanciado por el Programa Operativo del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) 2014-2020 de Extremadura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carrión-Antolí, A., Lorente-Mento, J.M., Valverde, J.M., Castillo, S., Valero, D., Serrano, M. (2022). "Effects of melatonin treatments on sweet cherry tree yield and fruit quality". *Agronomy* 12,3, <https://doi.org/10.3390/agronomy12010003>

Cortés-Montaña, D., Manuel Joaquín Serradilla, María Josefa Bernalte-García, Belén Velardo-Micharet (2021). "Potencial uso de la melatonina para la mejora de la calidad y características bioactivas de cereza temprana". *Horticultura*, 3-354, 38-43.

Cortés-Montaña, D., Manuel Joaquín Serradilla, María Josefa Bernalte-García, Pablo Bañuls, Ana Fernández-León, Belén Velardo-Micharet (2020). "Ácido oxálico, el elicitor que mejora la calidad y la vida útil de cerezas tempranas". *Horticultura*, 4-349, 16-20.

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 (1): 159-167.

Delgado, J., María del Pilar Terrón, María Garrido, Carmen Barriga, Javier Espino, Sergio Damián Paredes, Ana Beatriz Rodríguez (2011). "Jerte Valley cherry-based product modulates serum inflammatory markers in rats and ringdoves". *Journal of Applied Biomedicine*, 10: 41-50, 2012 DOI 10.2478/v10136-011-0009-0.

González-Gómez, D., Lozano, M., Fernández-León, M.F., Ayuso, M.C., Bernalte, M.J., Rodríguez, A.B (2009). "Detection and quantification of melatonin and serotonin in eight sweet cherry cultivars (*Prunus avium* L.)". *European Food Research and Technology*, 229:223-229.

Hui Xia, Yanqiu Shen, Tian Shen, Xin Wang, Xuefeng Zhang, Peng Hu, Dong Liang, Lijin Lin, Honghong Deng, Jin Wang, Qunxian Deng, Xiulan L. (2020). "Melatonin Accumulation in Sweet Cherry and Its Influence on Fruit Quality and Antioxidant Properties". *Molecules* 2020, 25, 753; doi:10.3390/molecules25030753.

FEPEX (2021) <https://www.fepex.es/datos-del-sector/exportacion-importacion-espaa%3%B1ola-frutas-hortalizas>

MAPA (2021) <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/>

Martínez-Esplá, A., Pedro J. Zapata, Daniel Valero, Cristina García-Viguera, Salvador Castillo, María Serrano (2014). Preharvest application of oxalic acid increased fruit size, bioactive compounds and antioxidant capacity in Sweet Cherry cultivars (*Prunus avium* L.). "Journal of Agricultural and Food Chemistry" 62: 3432–3437.

Serradilla, M.J., Akšić, M.F., Manganaris, G.A., Ercisli, S., González-Gómez, D., Valero, D. (2017). "Fruit chemistry, nutritional benefits and social aspects of cherries". *Cherries: Botany, Production and Uses*: 420-441.

Viacava, G.E., Rosario Goyeneche, María G. Goñi, Sara I. Roura, María V. Agüero (2018). "Natural elicitors as preharvest treatments to improve post-harvest quality of Butterhead lettuce". *Scientia Horticulturae* 228: 145–152.

Yavar Sharafi, Abbasali Jannatizadeh, Javad Rezapour Fard, Morteza Soleimani Aghdam (2021). "Melatonin treatment delays senescence and improves antioxidant potential of sweet cherry fruits during cold storage". *Scientia Horticulturae* 288: 110304.

FIGURAS

Figura 1. Efecto de los tratamientos de melatonina y ácido oxálico sobre el tamaño (peso y calibre) de los frutos de cerezas ‘Lapins’ en el momento de la recolección comercial. Diferente letra del mismo color indica diferencia significativa ($p < 0,05$).

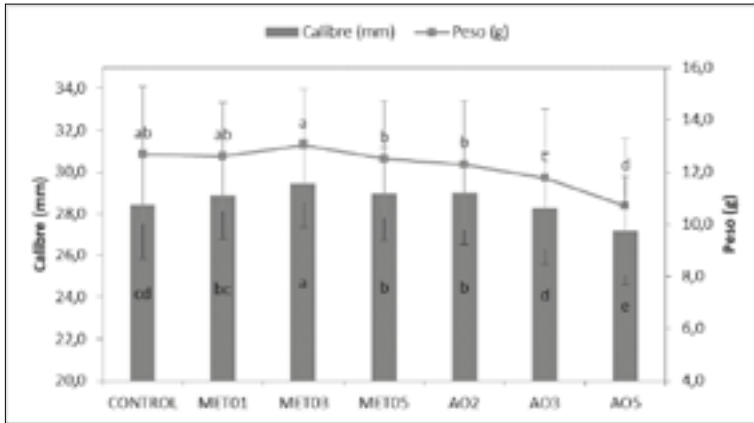


Figura 2. Efecto de los tratamientos de melatonina y ácido oxálico sobre la firmeza de cerezas ‘Lapins’ en el momento de la recolección comercial. Diferente letra indica diferencia significativa ($p < 0,05$).

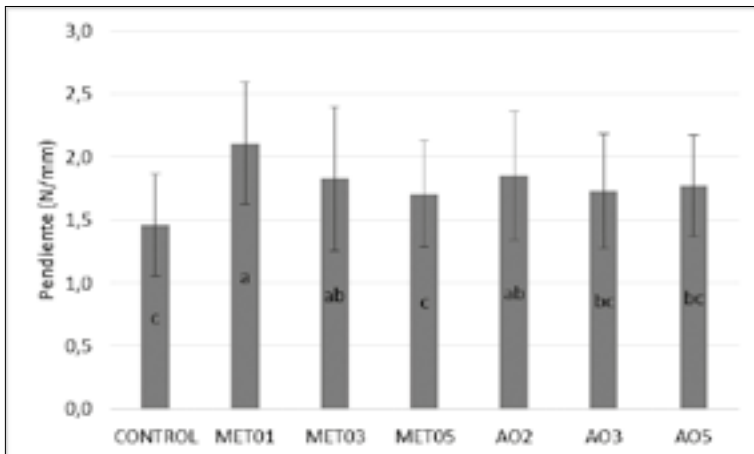


Figura 3. Efecto de los tratamientos de melatonina y ácido oxálico sobre el color de piel de cerezas ‘Lapins’ en el momento de la recolección comercial. Diferente letra indica diferencia significativa ($p < 0,05$).

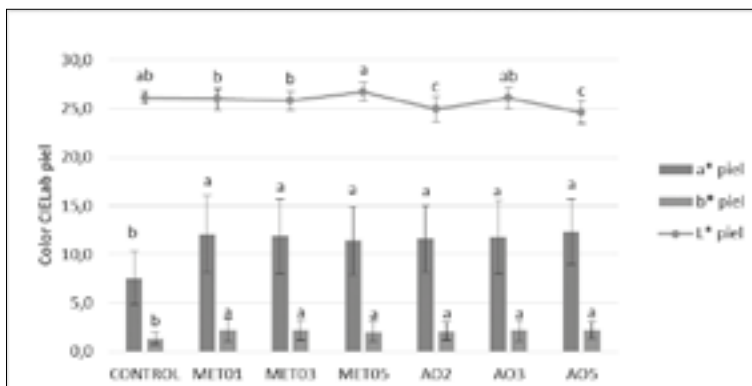


Figura 4. Efecto de los tratamientos de melatonina y ácido oxálico sobre el color de pulpa de cerezas ‘Lapins’ en el momento de la recolección comercial. Diferente letra indica diferencia significativa ($p < 0,05$).

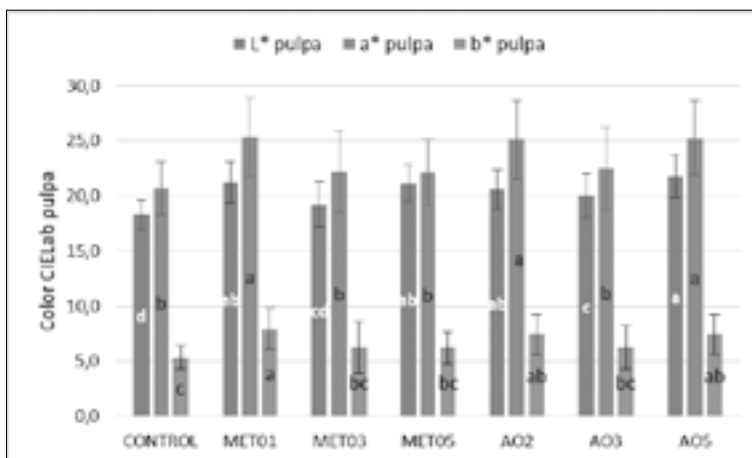


Figura 5. Efecto de los tratamientos de melatonina y ácido oxálico sobre el índice de madurez no destructivo de cerezas ‘Lapins’ en el momento de la recolección comercial. Diferente letra indica diferencia significativa ($p < 0,05$).

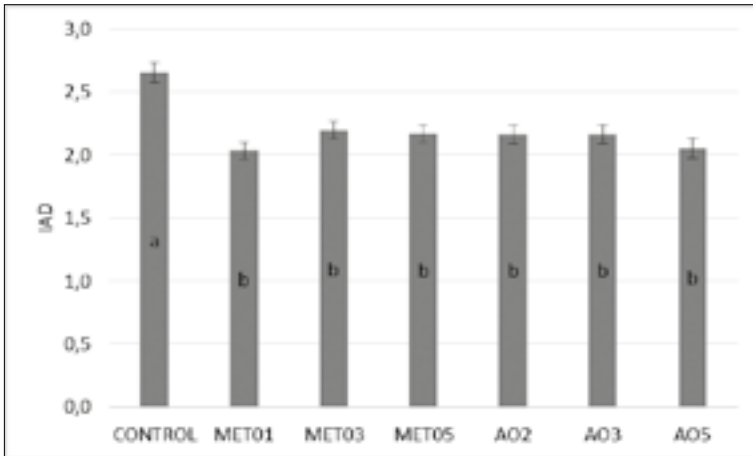


Figura 6. Efecto de los tratamientos de melatonina y ácido oxálico sobre el contenido de sólidos solubles totales (SST) y acidez de cerezas ‘Lapins’ en el momento de la recolección comercial. Diferente letra indica diferencia significativa ($p < 0,05$).

