

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

**Máster Universitario en Tecnología y Calidad
Agroalimentaria**



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

**Efectos del tratamiento en precosecha con
melatonina sobre los parámetros de calidad
en granada ‘Mollar de Elche’**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Convocatoria extraordinaria Semestre 2 – 2021

AUTOR: Fernando Garrido Auñón

DIRECTOR/ES: María Serrano Mula y Daniel Valero Garrido



MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

VISTO BUENO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2020/2021

Director/es del trabajo
María Serrano Mula y Daniel Valero Garrido

Dan su visto bueno al Trabajo Fin de Máster

Título del Trabajo
Efectos del tratamiento en precosecha con melatonina sobre los parámetros de calidad en granada Mollar de Elche
Alumno
Fernando Garrido Auñón

Orihuela, a 08 de Septiembre de 2021

**MARIA |
SERRAN
O | MULA**

Firmado digitalmente por
MARIA | SERRANO | MULA
Nombre de reconocimiento
(DN): cn=MARIA | SERRANO |
MULA,
serialNumber=23226058Z,
givenName=MARIA,
sn=SERRANO MULA,
ou=CIUDADANOS, o=ACCV,
c=ES
Fecha: 2021.09.08 18:00:35
+02'00'

**DANIEL |
VALERO |
GARRID
O**

Firmado
digitalmente
por DANIEL |
VALERO |
GARRIDO
Fecha:
2021.09.09[®]
17:59:45 +02'00'

Firma/s tutores trabajo



MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Título: Efectos del tratamiento en precosecha con melatonina sobre los parámetros de calidad en granada ‘Mollar de Elche’

Title: Effects of pre-harvest treatment with melatonin on quality parameters in ‘Mollar de Elche’ pomegranate

Modalidad (proyecto/experimental): Experimental

Type (project/research): Research

Autor/Author: Fernando Garrido Auñón

Director/es/Advisor: María Serrano Mula y Daniel Valero Garrido

Convocatoria: Extraordinaria Semestre 2

Month and year: September 2021

Número de referencias bibliográficas/number of references: 37

Número de tablas/Number of tables: 0

Número de figuras/Number of figures: 3

Número de planos/Number of maps: 0

Palabras clave (5 palabras): antiocianinas, fenoles, acidez, sólidos solubles totales, firmeza

Key words (5 words): anthocyanins, phenolics, acidity, total soluble solids, firmness





MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

RESUMEN (10 líneas o más):

La granada (*Punica granatum* L.) es un fruto que presenta interesantes propiedades nutricionales y funcionales al contar con una amplia variedad de compuestos bioactivos que pueden verse reducidos, al igual que otros parámetros de calidad, tras largos períodos de almacenamiento. La melatonina se ha reconocido recientemente como una hormona capaz de regular diversas funciones fisiológicas en las plantas. En este trabajo se emplearon tres concentraciones diferentes de melatonina (0,1 mM, 0,3 mM y 0,5 mM) aplicadas como tratamiento precosecha para evaluar su efecto sobre la calidad de la granada 'Mollar de Elche'. Para ello, se investigaron los posibles efectos que los tratamientos podrían tener sobre distintos parámetros de calidad (sólidos solubles, acidez titulable y firmeza) y compuestos fitoquímicos beneficiosos para la salud (antocianinas y polifenoles) durante un almacenamiento de 60 días a 10 °C. Todas las concentraciones presentaron mejoras en los parámetros estudiados con respecto al control, siendo las granadas del tratamiento con la menor concentración (0,1 mM) las que mostraron mayor contenido fenólico, de antocianinas y de sólidos solubles, así como una mayor firmeza y acidez titulable. Se concluye que el tratamiento en campo con melatonina, mediante spray foliar, sirve para mantener de forma mejorada ciertos parámetros de calidad en la granada 'Mollar de Elche' tras un almacenamiento de dos meses a 10 °C. Esta estrategia podrá ser de interés en otras variedades y/o frutales, siendo necesaria su continua investigación para el estudio de aspectos distintos a los aquí presentados.

ABSTRACT (10 lines or more):

Pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit has interesting nutritional and functional properties due to a wide array of bioactive compounds, although they can be reduced, as well as other quality parameters, after long storage periods. Melatonin has recently been recognized as a plant hormone capable of regulating various physiological functions in plants. In this work, three different concentrations of melatonin were used (0.1 mM, 0.3 mM and 0.5 mM) and applied as pre-harvest treatment to evaluate their effect on quality traits of 'Mollar de Elche' cultivar. The effects of these treatments on different quality parameters (soluble solid content, titratable acidity and firmness) and phytochemical compounds beneficial to health (anthocyanins and polyphenols) during storage of 60 days at 10°C were investigated. All melatonin concentrations improved the studied parameters with respect to control fruit, being the pomegranates from the treatment with

the lowest concentration (0.1 mM) those that showed the highest phenolic, anthocyanin and soluble solids content, as well as greater firmness and titratable acidity. Thus, foliar spray melatonin application maintained an improved quality parameters and bioactive compounds in 'Mollar de Elche' pomegranate after storage for two months at 10 °C. This strategy could be of interest in other pomegranate cultivars and/or other fruit species, although further research is needed.





II Congreso Universitario en Innovación y Sostenibilidad Agroalimentaria (CUISA)

Programa Científico

Fecha	16 de septiembre de 2021
8:45-9:00	Ceremonia de Apertura
9:00-9:45	Conferencia Inaugural: "Impacto de la fisiología de la poscosecha en la Innovación agroalimentaria". Dr. Juan Luis Valenzuela (Departamento de Biología y Geología, Universidad de Almería)
Sesión 1	Recursos Fitogenéticos, Mejora y Biotecnología en Producción Vegetal. Moderador: Dra. Nuria Albuquerque Ferrando (CEBAS-CSIC, Murcia)
	Presentaciones Orales
S1-O1 9:45-10:00	Mejora de la micropropagación en variedades de albaricoquero (<i>Prunus armeniaca</i> L.) mediante Sistemas de Inmersión Temporal. <i>C. Pérez-Caselles, L. Burgos, V. Origüela y N. Albuquerque.</i>
S1-O2 10:00-10:15	Efecto de la aplicación de ácido salicílico en precosecha sobre la calidad de pimiento verde en la recolección y conservación. <i>A. Rodríguez, A. Dobón-Suarez, M.E. García-Pastor, P.J. Zapata y M. Giménez.</i>
S1-O3 10:15-10:30	Cultivo a media escala de líneas de tomate Muchamiel con resistencia a virus para su comercialización en Alicante. <i>P. Carbonell, J.A. Cabrera, J.F. Salinas, A. Grau, A. Alonso, J.J. Ruiz, S. García-Martínez.</i>
S1-O4 10:30-10:45	Introducción del gen <i>Ty-2</i> en el Programa de Mejora Genética de Variedades Tradicionales de Tomate del CIAGRO-UMH. <i>J.A. Cabrera, P. Carbonell, J.F. Salinas, A. Grau, A. Alonso, S. García-Martínez y J.J. Ruiz.</i>
S1-O5 10:45-11:00	Seguimiento de tres ensayos de tomate Muchamiel con resistencia a virus en el término municipal de Mutxamel durante el ciclo de primavera-verano 2021. <i>S. García-Martínez, J.M. Sánchez, A. Gómez, F. Hernández, M. Juárez, P. Guirao, A.M. Ortega, L. Noguera, A. Alonso, J.J. Ruiz.</i>

S1-O6 11:00-11:15	Efecto de nanotubos de carbono sobre diferentes combinaciones de citoquininas en la proliferación in vitro del portainjertos Garnem. <i>J. A. Medina, F. Hernández y A. Galindo.</i>
Presentaciones en Póster	
S1-P1	Diferencias en fenoles, flavonoides, flavonoles y actividad antioxidante totales entre 24 cultivares de tápenas de dos subespecies, <i>spinosa</i> y <i>rupestris</i> . <i>M. Grimalt, M.S. Almansa, S. García, F. Hernández, P. Legua y A. Amorós.</i>
11:15-11:30	Pausa Café
Sesión 2	Horticultura, Citricultura, Fruticultura, Viticultura y Protección de Cultivos. Moderador: Dr. Jesús García Brunton (IMIDA, Murcia)
Presentaciones Orales	
S2-O1 11:30-11:45	Influencia del envejecimiento sobre la composición volátil y sensorial del vino tinto. <i>J. González-Sánchez, F. Burló y L. Noguera-Artiaga.</i>
S2-O2 11:45-12:00	Estudio sobre calidad sensorial y aromática de vino tinto. <i>A. Grao-Ruiz, P. J. Zapata y L. Noguera-Artiaga.</i>
S2-O3 12:00-12:15	Influencia de las propiedades del suelo en mostos de la variedad Monastrell en la Comarca del Noroeste-Región de Murcia. <i>M.A. Martínez, N. Martí, E. Martínez-Sabater y C. Paredes.</i>
S2-O4 12:15-12:30	Efecto del tratamiento de limoneros con melatonina sobre la producción y calidad del fruto. <i>F. Badiche, M. Serrano, J.M. Valverde, A. Carrión-Antolí, D. Martínez-Romero, D. Valero, S. Castillo.</i>
S2-O5 12:30-12:45	Los tratamientos con melatonina de cerezos 'Sweet Heart' aumentan el rendimiento del cultivo y la calidad del fruto en la recolección y durante la conservación. <i>M.V. Arias A. Carrión, F. Garrido, J.M. Lorente, P.J. Zapata, D. Valero, M. Serrano.</i>
S2-O6 12:45-13:00	La aplicación precosecha de jasmonato de metilo incrementa el rendimiento y la calidad del cultivo de pimiento verde. <i>A. Dobón-Suárez, M.J. Giménez, M.E. García-Pastor y P.J. Zapata.</i>
S2-O7 13:00-13:15	Caracterización temporal del limón mediterráneo para su aprovechamiento en la industria del zumo. <i>M.J. Rubio-Martínez, M.J. Giménez, M.E. García-Pastor, V. Serna-Escolano y P.J. Zapata.</i>

Sesión 3	Economía Agraria y Gestión de Empresas. Moderador: Dra. Margarita M. Brugarolas (UMH, Orihuela)
	Presentaciones Orales
S3-O1 13:15-13:30	Estudio a consumidores sobre la aceptación de carne de cordero trashumante. <i>A. Ros Almela, N. Godoy Morales y L. Martínez-Carrasco Martínez.</i>
S3-O2 13:30-13:45	Black soldier fly (<i>Hermetia illucens</i>) breeding and processing company in Aranda de Duero (Burgos). <i>P. Saiz Valle, I. Blanco-Gutiérrez, L. Luna.</i>
S3-O3 13:45-14:00	Aspectos valorados por los consumidores a la hora de comprar o consumir ensaladas de IV gama. <i>J.M. Lorente, M. Serrano y M.T. Pretel.</i>
14:00-15:00	Pausa Comida
Sesión 4	Producción, Bienestar, Genética y Calidad en la Producción Animal. Moderador: Dr. Alberto Atzori (UNISS, Sassari, Italia)
	Presentaciones Orales
S4-O1 15:00-15:15	Crioconservación de dos líneas de conejos seleccionadas divergentemente por variabilidad del tamaño de camada. <i>B. Ruiz, M.L. García y M.J. Argente.</i>
S4-O2 15:15-15:30	Conductas individuales y expresiones faciales en ovinos estabulados criados libres de parásitos gastrointestinales. <i>A.A. Luna Bojórquez, P.G. González Pech, F.A. Méndez Ortiz, C.A. Sandoval Castro, J.F.J. y Torres Acosta.</i>
S4-O3 15:30-15:45	Estudio del porcentaje de inclusión de subproducto de alcachofa (brácteas) en dietas de cabras lecheras para una producción sostenible y circular. <i>P. Monllor, R. Muelas, A. Roca, E. Sendra, J.R. Díaz y G. Romero</i>
	Presentaciones en Póster
S4-P1	Las actividades formativas del IFAPA en el sector ganadero, en la provincia de Almería. <i>S. Aparicio, A. González, V. Navarro, L. Lara, S. Parra, y M.C. García-García.</i>

Sesión 5	Agricultura Sostenible. Cambio Climático y Estrés Ambientales. Moderador: Dr. José Antonio Sánchez Zapata (UMH, Elche)
	Presentaciones Orales
S5-O1 15:45-16:00	Optimización de un método para evaluar la capacidad antifúngica de extractos de cianobacterias. <i>M.P. Marí, A.D. Asencio, M.T. Pretel y G. Díaz</i>
S5-O2 16:00-16:15	Mejora de la sostenibilidad del cultivo de fresa: mecanismos fisiológicos desencadenados por bacterias PGP bajo condiciones subóptimas de fertilización. <i>E. Romano, J.V. García López, N.J. Flores-Duarte, S. Merino, J. Mesa-Marín, I.D. Rodríguez-Llorente, S. Redondo-Gómez, E. Pajuelo y E. Mateos-Naranjo.</i>
S5-O3 16:15-16:30	Estudio de caracterización de suelos contaminados con ceniza volcánica y forraje destinado a consumo animal en la zona de Bilbao-Ecuador. <i>L. Carrera-Beltrán, I. Gavilanes-Terán, J. Idrovo-Novillo, V. H. Valverde, T. Albán-Guerrero, S. Ruiz- Illapa, C. Paredes y A.A. Carbonell-Barrachina.</i>
S5-O4 16:30-16:45	Influencia de la micorrización con <i>Glomus sp.</i> sobre sustancias farmacológicamente activas en el cultivo de <i>Cistus albidus</i> L. <i>D. Raus de Baviera, E. M. Losada-Echeberría, F. J. Álvarez-Martínez, F. Borrás-Rocher, E. Barrañón-Catalán y A. Ruiz Canales.</i>
S5-O5 16:45-17:00	Especies de <i>Variovorax</i> asociadas al nódulo que mejoran el crecimiento y la nodulación de <i>Medicago sativa</i> en situaciones de estrés. <i>N.J. Flores-Duarte, J. Pérez-Pérez, E. Mateos-Naranjo, S. Redondo-Gómez, E. Pajuelo, I.D. Rodríguez-Llorente y S. Navarro-Torre.</i>
S5-O6 17:00-17:15	Aplicaciones con poliaminas en floración y durante el desarrollo en el árbol reducen fisiopatías e incrementan la calidad de cereza (<i>Prunus avium</i> L.) de la IGP montaña de Alicante <i>M. Nicolás, M.C. Ruiz-Aracil, A. Carrión-Antolí, J.M. Lorente-Mento, J.M. Valverde y F. Guillén.</i>
S5-O7 17:15-17:30	Climate change, food crisis, Covid-19 in Mozambique. <i>Jérôme Etsong Mbang.</i>
	Presentaciones en Póster
S5-P1	Biofertilizantes: herramientas para optimizar la producción de fresa con reducciones de riego y fertilización química. <i>J.V. García López, N.J. Flores-Duarte, E. Romano, J. Mesa-Marín, I.D. Rodríguez-Llorente, S. Redondo-Gómez, E. Pajuelo y E. Mateos-Naranjo.</i>
S5-P2	Efecto de la aplicación de biofertilizantes basados en hongos micorrícicos y <i>Trichoderma harzianum</i> en el desarrollo de plantas de puerro. <i>G. Díaz, V. Fernández y P. Torres</i>

17:30-17:45	Pausa Café
Sesión 6	Gestión y Valorización de Residuos Orgánicos en la Agricultura. Moderador: Dr. Antonio Rosal Raya (UPO, Sevilla)
	Presentaciones Orales
S6-O1 17:45-18:00	Efectos del tipo de estiércol en la evolución de su co-compostaje con residuos vegetales y en la calidad agronómica del compost obtenido. <i>C. Santiago-Cubas y C. Paredes.</i>
S6-O2 18:00-18:15	Aplicación agronómica de los digeridos procedentes de residuos de frutas y verduras. <i>C. Álvarez, M.P. Bernal y R. Clemente.</i>
S6-O3 18:15-18:30	Importancia del manejo de pilas de compostaje en la evolución y calidad del compost en Liria (Valencia) <i>I.O. Medina Benavides, M.T. Fernández Suarez, A. Pérez Espinosa, M.D. Pérez Murcia y R. Moral.</i>
S6-O4 18:30-18:45	Caracterización de residuos orgánicos agrícolas y ganaderos generados en la provincia de Chimborazo (Ecuador) para el estudio de alternativas a su gestión actual. <i>V.H. Valverde, I. Gavilanes-Terán, J. Idrovo-Novillo, L. Carrera-Beltrán, S. Buri Tanguila, K. Salazar García y C. Paredes.</i>
S6-O5 18:45-19:00	Combined effect on substrate, plastic biofilm and earthworms (<i>Eisenia fetida</i>) in presence of different type of plastic material under vermicomposting. <i>Z. Emil Blesa, Marcela Pedraza-Torres, J.A. Sáez, J.C. Sánchez-Hernández y R. Moral.</i>
S6-O6 19:00-19:15	Efecto sobre la calidad del fruto del naranjo Navel v. Chislett Summer empleando varias opciones de manejo agronómico en una finca del sureste español. <i>S. Sánchez Méndez, E. Martínez Sabater, A. Pérez Espinosa, J. Sáez Tovar y R. Moral.</i>
S6-O7 19:15-19:30	Presencia de plaguicidas en mezclas iniciales y compost maduros de productores agroecológicos. El rol del compostaje en su eliminación. <i>A. García-Rández, M.T. Fernández-Suárez, M.D. Pérez-Murcia y R. Moral.</i>
	Presentaciones en Póster
S6-P1	Valorización de residuos de la industria agroalimentaria mediante compostaje. <i>C. Álvarez, M.D. Pérez-Murcia, R. Moral, J.A. Pascual, M. Ros, C. Egea-Gilabert, J.A. Fernández y M.A. Bustamante.</i>

Sesión 7	Instalaciones Industriales y Agrícolas. Moderador: Dr. Andrés Fernando Jiménez López (Universidad de los Llanos, Colombia)
	Presentaciones Orales
S7-O1 19:30-19:45	Diseño de un velocímetro de banda de rodadura para ensayo de velocidad máxima en ciclomotor de 2 ruedas (L1/L1e) en condiciones estáticas. <i>M.M. Paricio-Caño y M. Ferrández-Villena.</i>
	Presentaciones en Póster
S7-P1	Empleo de nariz, lengua y ojo electrónicos de bajo coste para el monitoreo de procesos agroalimentarios. <i>M. Fernández, M. Ferrández-Villena, M. Oates, C. Molina, A. Conesa, J. Ramos, N. Abu Khalaf y A. Ruiz Canales.</i>
S7-P2	Empleo de nariz electrónica de bajo coste en el monitoreo de colmenas de abejas. <i>E. González, M.A. Madueño y A. Ruiz Canales.</i>
19:45-20:15	Presentaciones de los Pósteres del día 1 (Sesiones 1-7)



Fecha	17 de septiembre de 2021
Sesión 8	Gestión del Agua, Nutrición y Energía en Horticultura. Moderador: Dr. Alejandro Galindo Egea (Departamento de Agronomía, Universidad de Sevilla)
	Presentaciones Orales
S8-O1 9:00-9:15	Estimación de la huella de carbono: caso práctico en diez Comunidades de Regantes. Estrategias para su reducción. <i>S. Colino Jiménez, A. Melián Navarro y A. Ruiz Canales.</i>
S8-O2 9:15-9:30	Obtención automática del punto de capacidad de campo a través de sensores de humedad de suelo. <i>M. Soler-Méndez, D. Parras-Burgos, A. Cisterne-López, E. Mas-Espinosa, J.M. Molina-Martínez y D. Intrigliolo.</i>
S8-O3 9:30-9:45	Aplicaciones de teledetección para la mejora del riego de granado en la Vega Baja del Segura (Alicante, España). <i>J. Solano-Jimenez, S. Rodriguez-Cámara, H. Puerto-Molina y J.M. Cámara-Zapata.</i>
	Presentaciones en Póster

S8-P1	Determinación de la variación de la huella hídrica y la huella de carbono en una comunidad de regantes como medida de la mejora medioambiental de las instalaciones. Aplicación a un caso de estudio. <i>F. López Peñalver, J. Chazarra Zapata, A. Melián Navarro y A. Ruiz Canales.</i>
Sesión 9	Usos del Territorio. Valoración de Recursos Agrarios. Desarrollo Rural. Moderador: Dra. María Dolores de Miguel (UPCT, Cartagena)
	Presentaciones Orales
S9-O1 9:45-10:00	Diversidad social y agroambiental en los paisajes mediterráneos costeros: el ENP La Muela y Cabo Tiñoso (Cartagena – Murcia). <i>J. Martínez Sánchez y L. Martínez-Carrasco Martínez.</i>
S9-O2 10:00-10:15	Gotas de tierra: Mejora de las parcelas de cultivo, la equidad y seguridad alimentaria de mujeres rurales en Colombia desde la perspectiva de los ODS. <i>P. Espitia-Zambrano y J.A. Pérez-Álvarez.</i>
	Presentaciones en Póster
S9-P1	Peligrosidad del combustible en la Región de Murcia. El abandono de los cultivos agrícolas incrementa el riesgo de incendio en la interfaz urbano-forestal <i>J.F. Sarabia y M.T. Pretel.</i>
S9-P2	Desarrollo territorial en las marismas de la margen izquierda del Guadalquivir. <i>M.A. Falcón Sánchez</i>
Sesión 10	Procesado e Innovación en Productos de Origen Animal. Moderador: Dr. José Manuel Lorenzo Rodríguez (Centro Tecnológico de la Carne, CTC, Galicia)
	Presentaciones Orales
S10-O1 10:15-10:30	Reformulación de hamburguesas de ternera con geles de emulsiones de agua y aceites vegetales. <i>A. Gea-Quesada, E. Sayas-Barberá, C. Botella-Martínez y M. Viuda-Martos.</i>
S10-O2 10:30-10:45	Aplicación de un subproducto de mango como antioxidante en un producto cárnico. <i>L. Morocho, F. Reyes, M.C. Guamán-Balcázar</i>
10:45-11:00	Pausa Café

S10-O3 11:00-11:15	Caracterización de queso curado de oveja con y sin DOP Manchego basado en el perfil de compuestos volátiles, pH, humedad y ATR-FTIR.
-----------------------	--

	<i>R. Pesci de Almeida, K. A. Iglér, M. Cano-Lamadrid, E. Sendra, A. Beltrán y A. Valdés.</i>
S10-O4 11:15-11:30	Reducción parcial de sal y grasa en salchichas tipo Frankfurt con adición de harinas de <i>Agaricus bisporus</i> y <i>Pleurotus ostreatus</i> . <i>M.I. Cerón-Guevara, E. Rangel-Vargas, J.M. Lorenzo, R. Bermúdez, M. Pateiro, J.A. Rodríguez, I. Sánchez-Ortega y E.M. Santos.</i>
S10-O5 11:30-11:45	Efecto de la incorporación un coproducto de semillas de chía a un embutido sobre las propiedades fisicoquímicas durante la etapa secado-maduración. <i>J. García-Martín, A. Roldán-Verdú y J.A. Pérez-Álvarez.</i>
Presentaciones en Póster	
S10-P1	Modificación del perfil lipídico en salchichas tipo Frankfurt mediante una emulsión gelificada a base de trigo sarraceno y aceite de cáñamo. <i>C. Botella-Martínez, J. Fernández-López, J.A. Pérez-Álvarez y M. Viuda-Martos.</i>
S10-P2	Aplicación de agentes de carga de aceite de oliva para desarrollar salchichas Frankfurt saludables y sostenibles. <i>T. Pintado, A.M. Herrero y C. Ruiz-Capillas.</i>
Sesión 11	Postcosecha y procesado de productos vegetales. Moderador: Dr. Lorenzo Ángel Zacarías (IATA, Valencia)
Presentaciones Orales	
S11-O1 11:45-12:00	Efectos del tratamiento en precosecha con melatonina sobre los parámetros de calidad en granada 'Mollar de Elche'. <i>F. Garrido, J.M. Lorente-Mento, D. Valero y M. Serrano.</i>
S11-O2 12:00-12:15	Proteína PeAfpA: optimización de su producción biotecnológica y aplicación en patosistemas postcosecha. <i>C. Roperó, J.F. Marcos y P. Manzanares.</i>
S11-O3 12:15-12:30	Sustancias de origen natural frente a compuestos comerciales de origen artificial: efecto sobre la prolongación del almacenamiento refrigerado de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) y el mantenimiento de compuestos bioactivos. <i>E. Bernabé-García, M.C. Ruiz-Aracil, F. Guillén y J.M. Valverde.</i>

S11-O4 12:30-12:45	Aplicación de tratamientos post-cosecha para incrementar la calidad durante el almacenamiento de aguacate (<i>Persea americana</i> M.). <i>M.I. Madalina-Ilea, M.C. Ruiz-Aracil, J.M. Valverde, M. Nicolás y F. Guillén.</i>
S11-O5 12:45-13:00	Aprovechamiento de un subproducto de la industria de aceituna para el desarrollo de alimentos con un valor añadido. <i>M. Ródenas, M.J. Giménez, M.E. García-Pastor y P.J. Zapata.</i>
S11-O6 13:00-13:15	Mejora de la conservación de la granada “Mollar de Elche” mediante tratamientos precosecha con Jasmonato de Metilo. <i>A.M. Codes-Alcaraz, A. Dobón-Suárez, M.E. García-Pastor y S. Castillo.</i>
S11-O7 13:15-13:30	Efecto de la aplicación postcosecha de nitroprusiato de sodio sobre la calidad de limón ecológico. <i>A. Del Cerro, A. Dobón-Suarez, M.E. García-Pastor, M. Giménez y P.J. Zapata.</i>
S11-O8 13:30-13:45	Melatonina aplicada como tratamiento en campo incrementa los sistemas antioxidantes en las cerezas ‘Prime Giant’. <i>A. Carrión-Antolí, F. Badiche, J.M. Lorente-Mento, F. Guillén, S. Castillo, M. Serrano y D. Valero.</i>
13:45-15:00	Pausa comida
Sesión 11- Continuación	Postcosecha y procesado de productos vegetales. Moderador: Dr. Salvador Castillo (UMH, Orihuela)
S11-O9 15:00-15:15	Eliminación de etileno con un reactor de luz ultravioleta con titanio y su efecto sobre brócoli en condiciones de conservación. <i>A. Guirao, P. García-Ponsoda, S. Castillo, F. Guillén, M. Serrano y D. Martínez-Romero.</i>
S11-O10 15:15-15:30	Efecto de una trampa de ozono acoplada a un eliminador de etileno fotocatalítico: caso práctico en tomate Raf. <i>P. García-Ponsoda, A. Guirao, J.M. Valverde, D. Valero y D. Martínez-Romero.</i>
S11-O11 15:30-15:45	Evaluación de las condiciones de almacenamiento de hojas de <i>Aloe vera</i> para su comercialización en fresco. <i>A. Campaña, P. García-Ponsoda, A. Guirao y D. Martínez-Romero.</i>
S11-O12 15:45-16:00	Estudio del contenido en polifenoles de cuatro variedades de alcachofa (<i>Cynara scolymus</i> L.): aptitud para cuarta gama. <i>M. Giménez-Berenquer, M. J. Giménez, P. Carbonell, J. A. Cabrera y P. J. Zapata.</i>

Sesión 12	Alimentación Funcional, Calidad Sensorial y Salud. Moderador: Dra. María José Frutos Fernández (UMH, Orihuela)
	Presentaciones Orales
S12-O1 16:00-16:15	Esteroles vegetales en matrices líquidas: obtención e incorporación en una bebida de frutas. <i>M. Álvarez-Henao, J. Londoño-Londoño y C. Jiménez-Cartagena.</i>
S12-O2 16:15-16:30	Efecto de endulzantes alternativos sobre la biodisponibilidad y bioactividad de antocianos y flavanonas de una bebida de maqui-limón. <i>V. Agulló, R. Domínguez-Perles y C. García-Viguera.</i>
S12-O3 16:30-16:45	Influencia de edulcorantes sobre compuestos bioactivos en un sistema modelo. <i>A. Bica, V. Agulló y C. García-Viguera.</i>
S12-O4 16:45-17:00	Microencapsulación de <i>L. Plantarum</i> en cápsulas simples y de doble capa: efecto de las condiciones térmicas y la digestión gastrointestinal sobre la viabilidad probiótica. <i>E. López-Martínez, M.J. Frutos y E. Valero-Cases.</i>
17:00-17:15	Pausa Café
S12-O5 17:15-17:30	Variabilidad de los parámetros de calidad funcional y sensorial de la canela molida. <i>C. Muñoz-Ezcurra, M. Cano-Lamadrid, E. Sendra, F. Hernández y L. Lipan.</i>
S12-O6 17:30-17:45	Comparación de distintos parámetros de quesos curados de oveja DOP Manchego (Denominación de Origen Protegida) vs no-DOP. <i>K. A. Iqler Marí, E. Sendra, A. Valdés García, A. Beltrán Sanahuja, R. Pesci De Almeida y M. Cano Lamadrid.</i>
S12-O7 17:45-18:00	Leche fermentada enriquecida con <i>Cinnamomum cassia</i> y <i>Cinnamomum verum</i> molida: efecto de la canela en la fermentación y calidad del yogur. <i>A. E. Vargas, M. Cano y E. Sendra.</i>
S12-O8 18:00-18:15	Caracterización de las flores y estigmas de <i>Crocus sativus</i> L. argelino y su valor como alimento. <i>R. Vicente, D. Cerdá, E. Valero y M.J. Frutos.</i>
S12-O9 18:15-18:30	Estudio del grado de implementación de Clean Label en alimentos de gran consumo en España: propuestas de mejora. <i>N. Jiménez-Redondo, M. Cano-Lamadrid y J. M. Valverde.</i>
S12-O10 18:30-18:45	Elaboración de cerveza artesana sin alcohol enriquecida funcionalmente con brotes de brócoli ecológico. <i>J. Gerth, A. Dobón-Suarez, M.E. García-Pastor, M. Giménez y P.J. Zapata.</i>
S12-O11	Revisión científica y visión del sistema de alertas RASFF del contenido de metales pesados en alimentos.

18:45-19:00	<i>R.M. Franco-Calderón, E. Sendra y M. Cano-Lamadrid.</i>
	Presentaciones en Póster
S12-P1	Composición nutricional y actividad antioxidante del azafrán (<i>Crocus sativus</i> , L.) y sus subproductos florales para el desarrollo de nuevos ingredientes funcionales. <i>D. Cerdá-Bernad, E. Valero-Cases y M.J. Frutos .</i>
S12-P2	Alteración de la microbiota intestinal en pacientes con COVID-19. <i>P. Bersano-Reyes y G. Nieto-Martínez.</i>
S12-P3	Aplicación de subproducto de mango como antioxidante en un producto de panadería. <i>J. Rueda, N. Ortega y M. Guamán.</i>
S12-P4	Caracterización de compuestos bioactivos de las semillas de dos cultivares de <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill. en condiciones homogéneas de cultivo. <i>L. Andreu-Coll, J. Kolniak-Ostek, A. Kita, J. Miedzianka, P. Legua y F. Hernández.</i>
S12-P5	Desarrollo de galletas funcionales sin gluten adaptadas a los requerimientos nutricionales de celíacos. <i>C. Campuzano y G. Nieto.</i>
19:00-20:00	Presentaciones de los Pósteres del día 2 (Sesiones 8-12)
20:00-20:30	Ceremonia de Clausura

Dr. Santiago García-Martínez (Presidente del Comité Organizador)
Dra. María Serrano (Presidenta del Comité Científico)

Efectos del tratamiento en precosecha con melatonina sobre los parámetros de calidad en granada ‘Mollar de Elche’.

F. Garrido¹, J.M. Lorente-Mento¹, D. Valero², M. Serrano¹

¹Departamento de Biología Aplicada, Universidad Miguel Hernández, Ctra. Beniel km 3,2, 03312, Orihuela, Alicante, fgarrido@umh.com

²Departamento de Tecnología Agroalimentaria, Universidad Miguel Hernández, Ctra. Beniel km 3,2, 03312, Orihuela, Alicante.

Resumen

La granada (*Punica granatum* L.) es un fruto que presenta interesantes propiedades nutricionales y funcionales al contar con una amplia variedad de compuestos bioactivos que pueden verse reducidos, al igual que otros parámetros de calidad, tras largos períodos de almacenamiento. La melatonina se ha reconocido recientemente como una hormona capaz de regular diversas funciones fisiológicas en las plantas. En este trabajo se emplearon tres concentraciones diferentes de melatonina (0,1 mM, 0,3 mM y 0,5 mM) aplicadas como tratamiento precosecha para evaluar su efecto sobre la calidad de la granada ‘Mollar de Elche’. Para ello, se investigaron los posibles efectos que los tratamientos podrían tener sobre distintos parámetros de calidad (sólidos solubles, acidez titulable y firmeza) y compuestos fitoquímicos beneficiosos para la salud (antocianinas y polifenoles) durante un almacenamiento de 60 días a 10 °C. Todas las concentraciones presentaron mejoras en los parámetros estudiados con respecto al control, siendo las granadas del tratamiento con la menor concentración (0,1 mM) las que mostraron mayor contenido fenólico, de antocianinas y de sólidos solubles, así como una mayor firmeza y acidez titulable. Se concluye que el tratamiento en campo con melatonina, mediante espray foliar, sirve para mantener de forma mejorada ciertos parámetros de calidad en la granada ‘Mollar de Elche’ tras un almacenamiento de dos meses a 10 °C. Esta estrategia podrá ser de interés en otras variedades y/o frutales, siendo necesaria su continua investigación para el estudio de aspectos distintos a los aquí presentados.

Palabras clave: antocianinas, fenoles, acidez, sólidos solubles totales, firmeza

Effects of pre-harvest treatment with melatonin on quality parameters in ‘Mollar de Elche’ pomegranate

Abstract

Pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit has interesting nutritional and functional properties due to a wide array of bioactive compounds, although they can be reduced, as well as other quality parameters, after long storage periods. Melatonin has recently been recognized as a plant hormone capable of regulating various physiological functions in plants. In this work, three different concentrations of melatonin were used (0.1 mM, 0.3 mM and 0.5 mM) and applied as pre-harvest treatment to evaluate their effect on quality traits of ‘Mollar de Elche’ cultivar. The effects of these treatments on different quality parameters (soluble solid content, titratable acidity and firmness) and phytochemical compounds beneficial to health (anthocyanins and polyphenols) during storage of 60 days at 10°C were investigated. All melatonin concentrations improved the studied parameters with respect to control fruit, being the pomegranates from the treatment with the lowest concentration (0.1 mM) those that showed the highest phenolic, anthocyanin and soluble solids content, as well as greater firmness and titratable acidity. Thus, foliar spray melatonin application maintained an improved quality parameters and bioactive compounds in ‘Mollar de Elche’ pomegranate after storage for two months at 10 °C. This strategy could be of interest in other pomegranate cultivars and/or other fruit species, although further research is needed.

Keywords: anthocyanins, phenolics, acidity, total soluble solids, firmness

Introducción y justificación

La granada (*Punica granatum* L.) es un fruto subtropical que pertenece a la familia Punicaceae (Holland, Hatib y Bar- Ya'akov, 2009). En España la variedad más cultivada es 'Mollar de Elche', la cual está caracterizada por presentar un alto contenido de sólidos solubles totales, baja acidez titulable, un sabor agradable, así como por poseer semillas pequeñas y blandas fáciles de comer (Nuncio-Jàuregui et al., 2014). Generalmente, el fruto de la granada es destacado por ser una buena fuente de carbohidratos, minerales, fibra y compuestos activos como la vitamina C y los polifenoles, entre los que destacan la punicalagina, el ácido elálgico, galotaninos y antocianinas, los cuales son conocidos por actuar como antioxidantes naturales (Pareek, Valero y Serrano, 2015). En bibliografía se ha reportado que en los arilos de la granada los sólidos solubles totales y las antocianinas incrementan constantemente durante la maduración, mientras se produce una disminución de la acidez. Además, durante la maduración hay cambios significativos en los parámetros fitoquímicos, compuestos fenólicos y actividad antioxidante, lo cual depende de la variedad, condiciones ambientales y de las prácticas hortofrutícolas empleadas (Nuncio-Jàuregui et al., 2014).

Desde el punto de vista comercial, la pérdida de atributos de calidad, externos e internos, tras la recolección de granada es indeseable, ya que los consumidores rechazan estos frutos, siendo un importante reto el preservar su calidad visual y nutricional. Entre las diferentes variables determinantes, se ha demostrado que la temperatura de almacenamiento es uno de los principales factores que influyen en su vida útil. Además, recientes tratamientos postcosecha, con los ácidos oxálico y salicílico, han sido empleados para preservar la calidad de la granada tras almacenamiento a temperaturas inferiores a 4°C (Ehteshami et al., 2020). Las condiciones usuales de almacenamiento para las distintas variedades de granada involucran temperaturas entre 5-7°C en condiciones de atmósfera regular, pudiendo durar el almacenamiento entre 2 y 3 meses. Además, es importante que los frutos se recolecten en su óptimo estado de maduración, pues en este punto tendrán un mayor valor nutricional, funcional y sensorial (Ehteshami et al., 2020).

Por otro lado, la melatonina (N-acetil-5-methoxytryptamina) es una molécula pleiotrópica con numerosas acciones fisiológicas y celulares. A nivel celular, es reconocida su actividad antioxidante, aunque también se ha demostrado su papel protector contra estreses bióticos y/o abióticos y su función como regulador en el enraizamiento, crecimiento y otras características morfogénicas, pues los cambios en los niveles de melatonina son capaces de controlar los ritmos biológicos de la planta y ejercer una acción moduladora en la expresión de ciertos genes (Arnao y Hernández-Ruiz, 2015). Además, publicaciones recientes indican un papel de la melatonina en la maduración de los frutos, siendo la mayoría de estos estudios sobre tratamientos postcosecha (Xu, Chen y Kang, 2019; Arnao y Hernández-Ruiz, 2020). Así, el tratamiento de melatonina a 0,1 mM de melocotones en postcosecha fue capaz de reducir la pérdida de peso y la tasa de respiración, mantener la firmeza, la cantidad total de sólidos solubles, así como el contenido de ácido ascórbico durante 7 días de almacenamiento a 25-28°C, con un incremento en las actividades enzimáticas antioxidantes de las enzimas superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT), peroxidasa (POD), y ascorbato peroxidasa (APX) (Gao et al., 2016). Así mismo, tratamientos postcosecha con melatonina se han empleado para retrasar el proceso de maduración en plátanos (Hu et al., 2017), mangos (Liu et al., 2020) y nectarinas (Bal, 2021).

Sin embargo, los estudios sobre el tratamiento en precosecha con melatonina son más escasos y los resultados obtenidos no son concluyentes. Así, en cereza, la melatonina aplicada en el momento del endurecimiento del hueso redujo la maduración (Tijero, Muñoz y Munné-Bosch., 2019), mientras que el efecto contrario se encontró en tomate (Liu et al., 2016). Por otra parte, en albaricoque, el tratamiento con melatonina durante el desarrollo del fruto en el árbol no afectó al proceso de maduración, aunque sí aumentó la calidad de los frutos, tanto en la recolección como durante la conservación (Medina-Santamarina et al., 2021). No obstante, hasta la fecha no hay publicaciones científicas sobre el efecto de la melatonina en granada.

Dada la importancia comercial que tiene el conseguir alargar lo máximo posible el estado de maduración en frutos de granada preservando sus propiedades funcionales y sensoriales, en este

trabajo se han empleado tres concentraciones distintas de melatonina (0,1, 0,3 y 0,5 mM), aplicadas al granado de la variedad 'Mollar de Elche' mediante espray foliar con el objetivo de evaluar su efecto sobre distintos parámetros de calidad de la granada (contenido fenólico, antocianinas, acidez titulable, firmeza y sólidos solubles) en el momento de la recolección y durante un almacenamiento de 30 y 60 días a 10 °C.

Materiales y Métodos

Material vegetal y diseño experimental

La investigación se realizó con granados (*Punica granatum* L.), de la variedad 'Mollar de Elche', plantados en una finca comercial de Elche (Alicante, España) en 2019. Se utilizaron 6 árboles para cada tratamiento: control y melatonina (comprada de Sigma-Aldrich, Madrid) a concentraciones 0,1, 0,3 y 0,5 mM. Los árboles recibieron 4 aplicaciones durante su período de crecimiento: la primera se aplicó cuando el fruto llegó al 20% de su tamaño, la segunda al 50%, la tercera al 85% y la cuarta tres días antes de la recolección. En cada aplicación, se trató cada árbol mediante pulverización foliar con una mochila manual con 3 L de la disolución correspondiente.

La recolección de la granada 'Mollar de Elche' se llevó a cabo cuando los frutos alcanzaron su estado de maduración comercial. Se seleccionaron un total de 45 frutos por tratamiento, que se llevaron al laboratorio inmediatamente tras la recolección. Los frutos de cada tratamiento se dividieron en 3 lotes de 15 frutos, etiquetados como 'Día 0' (que se analizaron el día de la recolección), 'M1' y 'M2' (que se analizaron después de 30 y 60 días de almacenamiento, respectivamente, a 10°C y 85% de Humedad Relativa (HR)).

Después de 0, 30 y 60 días de conservación se analizaron parámetros de calidad de interés desde el punto de vista comercial en la granada: firmeza, cantidad de sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), contenido fenólico total y concentración de antocianinas.

Determinaciones analíticas

Firmeza

La firmeza individual de cada fruto se midió con el analizador de textura TX-XT2i (Stable microsystems, Godalming, Reino Unido). Para ello, se aplicó una fuerza (N) encargada de causar una deformación (mm) del 5% en el diámetro del fruto (García-Pastor et al., 2020 a). Los resultados se expresaron como la media \pm error estándar (SD) de la relación entre la fuerza aplicada y la distancia de deformación (N mm^{-1}).

Sólidos solubles totales

De las 15 granadas, de cada tratamiento y repetición, se tomaron al azar 3 lotes de 5 granadas que se pelaron, extrajeron los arilos, y exprimieron de forma manual usando pañuelos de tela, para obtener una muestra homogénea de zumo. Esto permite obtener 3 repeticiones de zumo para cada tratamiento y día de almacenaje. De este zumo, se midieron los SST por duplicado utilizando el refractómetro digital Atago PR-101 (Atago Co. Ltd., Tokio, Japón) a 20°C. Los resultados se expresaron como la media \pm SD en gramos de SST por cada 100 g de arilos ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$).

Acidez titulable

La acidez titulable fue determinada por duplicado usando el mismo zumo que para el análisis de SST. Para ello, se tomó 1 mL de zumo que se diluyó en 25 mL de agua destilada. Usando esta dilución se realizó una titulación con 0,1 N NaOH hasta pH 8,1 en el valorizador automático 785 DMP Titrino, Metrohm. Los resultados se expresaron como la media \pm SD de los gramos de ácido málico equivalente (AME) por cada 100 g de peso fresco ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$).

Contenido de fenoles totales

La extracción de fenoles totales se realizó con 5 g de arilos y 10 mL de una dilución agua:metanol (1:4) que contenía 2 mM NaF para inactivar la actividad polifenol oxidasa y prevenir la degradación fenólica como describieron Serrano et al. (2009). La cuantificación se realizó usando el reactivo de Folin-Ciocalteu. Los resultados se expresaron como la media \pm SD en miligramos de ácido gálico equivalente por cada 100 g ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$).

Concentración de antocianinas totales

La concentración de antocianinas se determinó como reportaron Serrano et al. (2005). Los resultados se expresaron como la media \pm SD en miligramos de cianidín-3-glucósido equivalente por cada 100 g ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$).

Análisis estadístico

Los resultados son expresados como la media \pm SD de tres réplicas. Para las determinaciones analíticas de los datos se realizó un análisis de varianza estilo ANOVA. Las fuentes de variación para los distintos análisis fueron el tiempo de almacenamiento y las concentraciones de los tratamientos. Para determinar si había diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los distintos tratamientos, se compararon las medidas de las réplicas usando un test de Tukey. Los cálculos y gráficos fueron desarrollados con el programa SigmaPlot versión 11.0 para Windows.

Resultados y Discusión

Resultados

La firmeza de las granadas tratadas con melatonina 0,3 mM, fue significativamente mayor que la del control en el día 0, pero no se observó una diferencia significativa en la firmeza de las granadas tratadas con melatonina 0,3 y 0,5 mM respecto al control. Después de 30 días de conservación, los valores de firmeza de las granadas tratadas con 0,1, 0,5 y 0,3 mM de melatonina ($22,33 \pm 1,01$, $21,60 \pm 1,18$ y $21,58 \pm 0,93 \text{ N mm}^{-1}$, respectivamente) sí que mostraron ser significativamente mayores que los del control ($17,88 \pm 0,64 \text{ N mm}^{-1}$), aunque no hubo diferencias significativas en los valores de firmeza entre los distintos tratamientos de melatonina. Además, estas diferencias se mantuvieron hasta los 60 días de almacenamiento a $10 \text{ }^\circ\text{C}$ (Fig. 1).

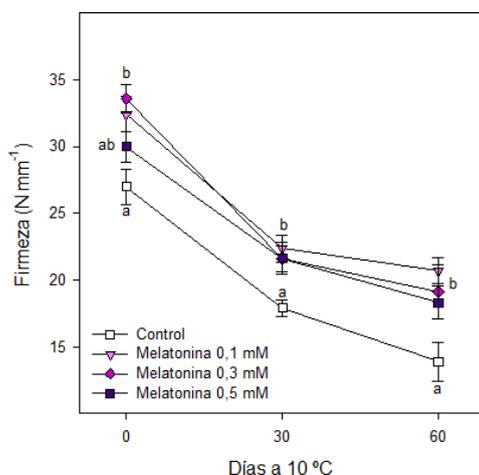


Figura 1. Evolución de la firmeza en las granadas de los árboles control y tratados con melatonina tras 0, 10 y 60 días de almacenamiento a $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Los datos son representados como la media \pm SD de 3 repeticiones de 5 frutos. Las letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0,05$) para cada día de muestreo.

La acidez titulable no mostró diferencias significativas entre el control y los distintos tratamientos en el día 0. No obstante, las diferencias fueron apareciendo a lo largo del tiempo, llegándose a obtener una diferencia significativa de la acidez titulable entre el control y el tratamiento con melatonina 0,1 mM a los 30 días de almacenamiento y con las demás concentraciones a los 60 días. A lo largo del almacenamiento, el control mostró una disminución en los niveles de acidez titulable con respecto a los del día 0, mientras que en los arilos de las granadas tratadas con cualquier concentración de melatonina se mantuvieron estables los niveles de acidez, aunque sin diferencias significativas entre las distintas concentraciones (Fig. 2A).

El contenido de SST fue significativamente mayor el día 0 en los arilos de las granadas tratadas con melatonina 0,1 mM ($15,30 \pm 0,13 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) que en el control ($14,50 \pm 0,16 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). No obstante, para las concentraciones de 0,3 y 0,5 mM no se encontraron diferencias significativas con el control. En relación con el día 0, los arilos de las granadas tratadas con melatonina 0,1 mM aumentaron significativamente el contenido en SST durante los primeros 30 días de conservación (Fig. 2B). Además, tras 30 días de almacenamiento, los niveles de SST en los arilos de las granadas tratadas con melatonina 0,1 mM fueron significativamente mayores a los de las granadas tratadas con melatonina 0,5 mM. Durante este almacenamiento los arilos de las granadas control y tratadas con melatonina 0,3 mM, también presentaron una diferencia significativa en el contenido de SST respecto a las concentraciones 0,1 mM y 0,5 mM de melatonina. El contenido de sólidos solubles totales aumentó en todas las muestras conforme se prolongaba el tiempo de almacenamiento. Además, tras la conservación de 60 días, las diferencias entre los tratamientos 0,5 mM y 0,3 mM de melatonina dejaron de ser significativas.

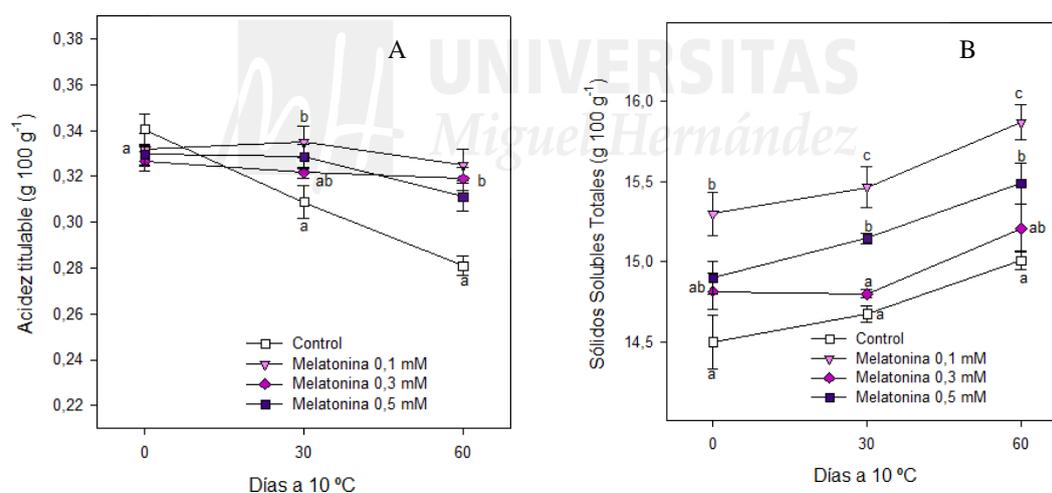


Figura 2. Evolución de la acidez titulable (A) y sólidos solubles totales (B) en las granadas de los árboles control y tratados con melatonina tras 0, 10 y 60 días de almacenamiento a 10 °C. Los datos son representados como la media \pm SD de 3 repeticiones de 5 frutos. Las letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0,05$) para cada día de muestreo.

El contenido de fenoles totales en el día 0, mostró ser significativamente mayor en las extracciones obtenidas de los arilos de las granadas tratadas con melatonina 0,1, 0,3 y 0,5 mM, respecto al control, aunque no se observaron diferencias significativas en la cantidad de fenoles totales entre los distintos tratamientos de melatonina. Con el aumento del tiempo de almacenamiento, todas las muestras (incluida el control) presentaron un incremento en el contenido de fenoles. No obstante, con el almacenamiento de 30 días, continuaron sin observarse diferencias significativas entre los distintos tratamientos de melatonina. Por otro lado, los arilos tratados con melatonina 0,1, 0,3 y 0,5 mM presentaron un incremento significativo en el contenido fenólico total entre los 30 y 60 días de conservación pasando de $72,04 \pm 2,18$, $68,67 \pm 3,69$, y $69,34 \pm 4,81 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente, en el día 30 a valores de $90,07 \pm 3,35$, $81,84 \pm 3,99$, y $84,11 \pm 2,98 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente, en el día 60 (Fig.

3A). Al igual que sucedió con el almacenamiento de 30 días, tras 60 días de conservación no se observaron diferencias significativas en el contenido de fenoles totales entre las extracciones obtenidas de los arilos tratados con las distintas concentraciones de melatonina.

Finalmente, los niveles de antocianinas en el día 0 no mostraron valores significativamente diferentes entre ninguna de las extracciones obtenidas de las granadas tratadas con melatonina y el control. A pesar de esto, las diferencias significativas en el contenido de antocianinas totales de las granadas tratadas con melatonina 0,1, 0,3 y 0,5 mM y el control aparecieron a los 30 días de almacenamiento y se mantuvieron con el tiempo tras 60 días de conservación. Durante los primeros 30 días de conservación, se encontró un aumento significativo, respecto al día 0, en el contenido de cianidina-3-glucósido equivalente en los arilos tratados con melatonina 0,1, 0,3 y 0,5 mM, que pasaron de tener un contenido de $17,00 \pm 0,39$, $14,99 \pm 0,41$, y $15,33 \pm 0,81$ mg 100 g $^{-1}$, respectivamente, en el día 0 a valores de $24,20 \pm 0,74$, $20,51 \pm 0,98$, y $21,83 \pm 2,04$ mg 100 g $^{-1}$, respectivamente, en el día 30. Además, tras 60 días de almacenamiento los arilos tratados con una concentración de melatonina 0,1 mM presentaron una diferencia significativa en el contenido de antocianinas totales respecto a todos los demás tratamientos (Fig. 3B).

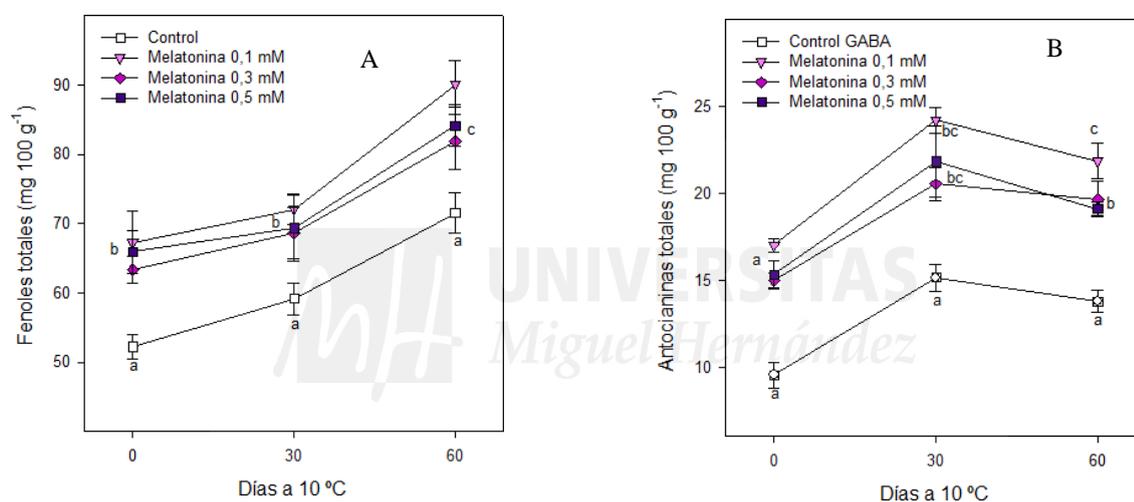


Figura 3. Evolución del contenido de fenoles totales (A) y antocianinas totales (B) en las granadas de los árboles control y tratados con melatonina tras 0, 10 y 60 días de almacenamiento a 10°C. Los datos son representados como la media \pm SD de 3 repeticiones de 5 frutos. Las letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0,05$) para cada día de muestreo.

Discusión

La granada 'Mollar de Elche' es muy apreciada por los consumidores por su alto contenido en azúcares y baja acidez, aspectos que le confieren un sabor dulce, siendo también muy aromática. No obstante, los arilos presentan un color rojo pálido en comparación con otras variedades cultivadas en España, como 'White', 'CG8', 'Katirbasi' o 'Wonderful' (Fernandes et al., 2018) u otros cultivares tunecinos, turcos, croatas o iraníes (Pareek, Valero y Serrano, 2015; Radunić et al., 2015; Li et al., 2015; Cano-Lamadrid et al., 2018), depreciando su valor comercial en los mercados internacionales, que prefieren los cultivares de color más rojo. Los resultados de la presente investigación contribuirían a incrementar el beneficio de este cultivo ya que las granadas de los árboles tratados con melatonina presentaron arilos con un mayor contenido de antocianinas y, por tanto, con un color rojo más intenso (García-Pastor et al., 2020 b) que los controles en la cosecha y durante el almacenamiento, mostrando una estimulación de la biosíntesis de antocianinas mediante el tratamiento con melatonina.

La firmeza, el color de la piel y de los arilos, y los niveles de SST y AT en los arilos son los principales responsables de la calidad de las granadas (Nuncio-Jàuregui et al., 2014; Pareek, Valero y

Serrano, 2015; Valero et al., 2015). Por tanto, la mayor firmeza y SST encontrados en el momento de la recolección en las granadas de los árboles tratados con melatonina, con respecto a los controles, muestran que tenían unos atributos de calidad más altos. Además, los aumentos en los SST y las disminuciones de la firmeza y de la acidez durante la conservación muestran la evolución normal del proceso de maduración postcosecha de la granada 'Mollar de Elche' y otros cultivos de granada (Sayyari et al., 2016; García-Pastor et al., 2020 a). Los aspectos mencionados anteriormente se retrasaron con los tratamientos con melatonina. Los SST y la AT son parámetros de calidad importantes que afectan el dulzor y la acidez, respectivamente, y contribuyen al sabor de la fruta. Por tanto, el aumento de los SST y la reducción de la AT en los arilos de las granadas durante el almacenamiento llevan a incrementar la relación SST/AT, que se aprecia organolépticamente como fruta sobre madurada sin la frescura, jugosidad y sabor requeridos por los consumidores (Valero y Serrano, 2010; Pareek., Valero y Serrano, 2015, Valero et al., 2015; García-Pastor et al., 2020 b). Así, teniendo en cuenta la evolución de todos estos parámetros de calidad (principalmente las disminuciones en la firmeza del fruto y AT en los arilos), se puede establecer que el período máximo de almacenamiento a 10 °C de las granadas control, con calidad óptima para el consumo, fue de 30 días, mientras que este período se extendió hasta los 60 días en las granadas de los árboles tratados con melatonina. De hecho, los valores de firmeza de los frutos y la AT de los arilos de las granadas de todos los árboles tratados con melatonina después de 60 días de almacenamiento fueron incluso más altos que en los controles después de 30 días de almacenamiento. Además, como no se observaron diferencias significativas en estos parámetros entre los tratamientos de melatonina 0,1, 0,3 y 0,5 mM, se puede concluir que la aplicación de la dosis 0,1 mM podría ser suficiente para fines prácticos.

Por otra parte, la granada tiene una amplia gama de compuestos bioactivos, siendo los más importantes los fenoles (entre los que se encuentran antocianinas, taninos hidrolizables, flavonoides y ácido ascórbico) presentes en concentraciones elevadas en comparación con otras frutas de la dieta mediterránea. No obstante, atendiendo a las diferencias entre variedades de granada, a la maduración del fruto, a las prácticas culturales y a las condiciones ambientales, se han reportado diferencias en la concentración de compuestos fenólicos (Radunić et al., 2015; Li et al., 2015; Boussaa et al., 2019). Estos compuestos bioactivos tienen capacidad antioxidante y son responsables de los efectos beneficiosos para la salud atribuidos al consumo de la granada (Faria y Calhau, 2011). Los resultados de este trabajo muestran que los tratamientos con melatonina incrementaron las concentraciones de compuestos fenólicos totales y de antocianinas totales en el momento de la recolección y durante el almacenaje. Por lo tanto, estos tratamientos aumentarían los efectos beneficiosos de la granada para la salud, ya que los compuestos fenólicos, incluidas las antocianinas, son una amplia gama de metabolitos secundarios que presentan efectos preventivos en distintas enfermedades crónicas y relacionadas con la edad como la hipertensión, la obesidad, o la diabetes, así como enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y oncológicas (Mattioli et al., 2020; Tarangon y Moreno, 2020; Luo et al., 2021).

No hay trabajos previos disponibles en la literatura sobre el efecto del tratamiento con melatonina en los compuestos bioactivos de la granada y existe poca información sobre este aspecto en otras especies de frutas. No obstante, se ha establecido que el tratamiento con melatonina 0,1 mM en las plantas de tomate aumentó la cantidad de compuestos antioxidantes, como el licopeno, el β -caroteno, los fenoles totales y los flavonoides, así como la actividad antioxidante cuando las plantas se cultivaron en condiciones de estrés por lluvia ácida (Debnath et al., 2018). Por otro lado, en cerezos, el tratamiento con 0,05 o 0,1 mM de melatonina aumentó las concentraciones totales de fenoles, flavonoles, antocianinas y ácido ascórbico en el momento de la cosecha (Xia et al., 2020). Sin embargo, los efectos de los tratamientos con melatonina en postcosecha sobre el aumento de los compuestos bioactivos de los frutos se han abordado en más especies de frutas. Por ejemplo, en la ciruela 'Santa Rosa', el tratamiento por inmersión postcosecha con melatonina 0,1 mM condujo a niveles más altos de ácido ascórbico, fenoles totales y actividad antioxidante durante el almacenamiento en comparación con los controles (Bal et al., 2019), así como en fresas tratadas con 0,1 o 1 mM de melatonina (Liu et al., 2018). Además, el tratamiento de la nectarina con melatonina 0,25, 0,5 y 1 mM durante 30 min y del melocotón con 0,1 mM durante 10 min minimizó las pérdidas fenólicas durante el almacenamiento

a 1 °C (Gao et al., 2016, Gao et al., 2018). En cerezas el tratamiento por inmersión con melatonina 0,1 mM aumentó el contenido de antocianinas durante el almacenamiento debido a una sobreexpresión de dos genes clave que codifican enzimas involucradas en las últimas etapas de la biosíntesis de las antocianinas (Miranda et al., 2020). Además, específicamente en la granada ‘Malas Saveh’, Aghdam et al. (2020) han informado de que el tratamiento postcosecha con melatonina 0,1 mM conduce a un mayor contenido de antocianinas y fenoles durante el almacenamiento a 4 °C, debido a una mayor actividad de la fenilalanina amoniaco liasa (PAL), primera enzima involucrada en la vía fenilpropanoide.

Conclusiones

Los resultados de este trabajo permiten concluir que el tratamiento precosecha mediante pulverización foliar con melatonina, logró retrasar la pérdida de ciertos parámetros de calidad externos e internos, así como aumentar el contenido de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante en el momento de la recolección y tras dos períodos de almacenamiento de 30 y 60 días a 10 °C, sobre la variedad de granada ‘Mollar de Elche’. Todos estos hechos pueden repercutir de forma positiva en el valor comercial y nutricional del fruto al aumentar su calidad organoléptica y funcional. Concretamente la concentración de melatonina 0,1 mM fue la que presentó mejores resultados al retrasar la pérdida de firmeza e incrementar significativamente el contenido de sólidos solubles totales y antocianinas con el paso del tiempo. También se puede concluir que la aplicación de melatonina puede ser una herramienta útil para retrasar el proceso de maduración postcosecha de frutos de granada y prolongar su vida útil en un mes aplicando un almacenamiento de 10°C, pues tras 60 días de almacenamiento las granadas tratadas mostraron un valor más óptimo de los parámetros de calidad que las control tras 30 días de almacenamiento. Por tanto, esta investigación podría servir como punto de partida para el futuro estudio de la aplicación en precosecha de distintas concentraciones de melatonina con el fin de mejorar distintos parámetros de calidad y/o aumentar la vida útil comercial en otras variedades de granada y/o frutos.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación del proyecto RTi2018-09966-B-100 por el Ministerio de Ciencia e Innovación y los Fondos FEDER de la Unión Europea.

Bibliografía

- Aghdam, M.S., Luo, Z., Li, L., Jannatizadeh, A., Fard, J.R., Pirzad, F., 2020. Melatonin treatment maintains nutraceutical properties of pomegranate fruits during cold storage. *Food Chem.* 303, 125385. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125385>
- Arnao, M., Hernández-Ruiz, J., 2015. Functions of melatonin in plants: a review. *J. Pineal Res.* 59, 133-150. 10.1111/jpi.12253
- Arnao, M.B., Hernández-Ruiz, J., 2020. Melatonin in flowering, fruit set and fruit ripening. *Plant Reprod.* 33, 77-87. <https://doi.org/10.1007/s00497-020-00388-8>
- Bal, E., 2019. Physicochemical changes in ‘Santa Rosa’ plum fruit treated with melatonin during cold storage. *J. Food Meas. Charact.* 13, 1713-1720. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00088-6>
- Bal, E., 2021. Effect of melatonin treatments on biochemical quality and postharvest life of nectarines. *J. Food Meas. Charact.* 15, 288-295. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00636-5>
- Boussaa, F., Zaouay, F., Burlo-Carbonell, F., Nuncio-Jàuregui, N., Gmati, M., El Arbi, B., Melgarejo, P., Hernandez, F., Mars, M., 2019. Combined effects of cropping system and harvest date determine quality and nutritional value of pomegranate fruits (*Punica granatum* L. cv. Gabsi). *Sci. Hortic.* 249, 419-431. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.007>
- Cano-Lamadrid, M., Galindo, A., Collado-González, J., Rodríguez, P., Cruz, Z. N., Legua, P., Burló, F., Morales, D., Carbonell-Barrachina, A., Hernández, F., 2018. Influence of deficit irrigation and crop load on the yield and

- fruit quality in Wonderful and 'Mollar de Elche' pomegranates. *J. Sci. Food Agric.* 98, 3098-3108. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8810>
- Debnath, B., Hussain, M., Li, M., Lu, X., Sun, Y., Qiu, D., 2018. Exogenous melatonin improves fruit quality features, health promoting antioxidant compounds and yield traits in tomato fruits under acid rain stress. *Molecules.* 23, 1868. <https://doi.org/10.3390/molecules23081868>
- Ehteshami, S., Abdollahi, F., Ramezani, A., Rahimzadeh, M., Mirzaalian, A., 2020. Maintenance of quality and bioactive compounds of cold stored pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit by organic acids treatment. *Food Sci. Technol. Int.* 0, 1–1. [10.1177/1082013220940466](https://doi.org/10.1177/1082013220940466)
- Faria, A., Calhau, C., 2011. The bioactivity of pomegranate: Impact on health and disease. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 51, 626-634. <https://doi-org.publicaciones.umh.es/10.1080/10408391003748100>
- Fernandes, L., Pereira, J.A., López-Cortés, I., Salazar, D., González-Álvarez, J., Ramalhosa, E., 2017. Physicochemical composition and antioxidant activity of several pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain. *Eur. Food Res. Technol.* 243, 1799-1814. Doi: 10.1007/s00217-017-2884-4
- Gao, H., Lu, Z., Yang, Y., Wang, D., Yang, T., Cao, M., Cao, W., 2018. Melatonin treatment reduces chilling injury in peach fruit through its regulation of membrane fatty acid contents and phenolic metabolism. *Food Chem.* 245, 659-666. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.008>
- Gao, H., Zhang, Z.K., Chai, H.K., Cheng, N., Yang, Y., Wang, D.N., Yang, T., Cao, W., 2016. Melatonin treatment delays postharvest senescence and regulates reactive oxygen species metabolism in peach fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 118, 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.03.006>.
- García-Pastor, M.E., Serrano, M., Guillén, F., Giménez, M.J., Martínez-Romero, D., Valero, D., Zapata, P.J., 2020 a. Preharvest application of methyl jasmonate increases crop yield, fruit quality and bioactive compounds in pomegranate 'Mollar de Elche' at harvest and during postharvest storage. *J. Sci. Food Agric.* 100, 145-153. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10007>
- García-Pastor, M.E., Zapata, P.J., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valero, D., Serrano, M., 2020 b. The effects of salicylic acid and its derivatives on increasing pomegranate fruit quality and bioactive compounds at harvest and during storage. *Front. Plant Sci.* 11,668. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00668>
- Holland D, Hatib K., Bar-Ya'akov I., 2009. Pomegranate: Botany, Horticulture, Breeding. *Hortic. Rev.* 35, 127–191. <https://doi.org/10.1002/9780470593776.ch2>
- Hu, W., Yang, H., Tie, W.W., Yan, Y., Ding, Z., Liu, Y., Wu, C., Wang, J., Reiter, R.J., Tan, D.X., Shi, H.T., Xu, B.Y., Jin, Z.Q., 2017. Natural variation in banana varieties highlights the role of melatonin in postharvest ripening and quality. *J Agric. Food Chem.* 65, 9987-9904. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b03354>
- Li, X., Wasila, H., Liu, L., Yuan, T., Gao, Z., Zhao, B., Ahmad, I., 2015. Physicochemical characteristics, polyphenol compositions and antioxidant potential of pomegranate juices from 10 Chinese cultivars and the environmental factors analysis. *Food Chem.* 175, 575-584. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.003>
- Liu, S., Huang, H., Huber, D.J., Pan, Y., Shi, X., Zhang, Z., 2020. Delay of ripening and softening in 'Guifei' mango fruit by postharvest application of melatonin. *Postharvest Biol. Technol.*, 163, 111136. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111136>.
- Liu, J., Zhang, R., Sun, Y., Liu, Z., Jin, W., Sun, Y., 2016. The beneficial effects of exogenous melatonin on tomato fruit properties. *Sci. Hortic.* 207, 14-20. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.05.003>.
- Liu, C.H., Zheng, H.H., Sheng, K. L., Liu, W., Zheng, L., 2018. Effects of melatonin treatment on the postharvest quality of strawberry fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 139, 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.01.016>
- Luo, J., Si, H., Jia, Z., Liu, D., 2021. Dietary anti-aging polyphenols and potential mechanisms. *Antioxidants.* 10, 283, 1-20. <https://doi.org/10.3390/antiox10020283>
- Mattioli, R., Francioso, A., Mosca, L., Silva, P., 2020. Anthocyanins: A comprehensive review of their chemical properties and health effects on cardiovascular and neurodegenerative diseases. *Molecules.* 25(17), 3809. <https://doi.org/10.3390/molecules25173809>
- Medina-Santamarina, J., Zapata, P.J., Valverde, J.M., Valero, D., Serrano, M., Guillén, F., 2021. Melatonin treatment of apricot trees leads to maintenance of fruit quality attributes during storage at chilling and non-chilling temperatures. *Agronomy*, 11, 917. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050917>

- Miranda, S., Vilches, P., Suazo, M., Pávez, L., García, K., Méndez, M.A., González, M., Meisel, L-A.; Defilippi, B.G., del Pozo, T., 2020. Melatonin triggers metabolic and gene expression changes leading to improved quality traits of two sweet cherry cultivars during cold storage. *Food Chem.* 319, 126360. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126360>
- Nuncio-Jáuregui, N., Calín-Sánchez, Á., Carbonell-Barrachina, Á., Hernández, F., Hernández, F., 2014. Changes in quality parameters, proline, antioxidant activity and color of pomegranate (*Punica granatum* L.) as affected by fruit position within tree, cultivar and ripening stage. *Sci. Hortic.* 165, 181-189. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2013.11.021>
- Pareek, S., Valero, D., Serrano, M., 2015. Postharvest biology and technology of pomegranate. *J. Sci Food Agric.* 95, 2360-2379. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7069>
- Radunić, M., Jukić Špika, M., Goreta Ban, S., Gadž, J., Díaz-Pérez, J.C., Maclean, D., 2015. Physical and chemical properties of pomegranate fruit accessions from Croatia. *Food Chem.* 177, 53-60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.102>
- Sayyari, M., Aghdam, M.S., Salehi, F., Ghanbari, F., 2016. Salicyloyl chitosan alleviates chilling injury and maintains antioxidant capacity of pomegranate fruits during cold storage. *Sci. Hortic.* 211, 110-117. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.08.015>
- Serrano, M., Díaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Castillo, S., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Valverde, J.M., Valero, D., 2009. Maturity stage at harvest determines the fruit quality and antioxidant potential after storage of sweet cherry cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 57, 3240–3246. <https://doi.org/10.1021/jf803949k>
- Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D., 2005. Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. *J. Agric. Food Chem.* 53, 2741–2745 <https://doi.org/10.1021/jf0479160>
- Taragon, E., Moreno, J.J., 2020. Polyphenols and taste 2 receptors. Physiological, pathophysiological and pharmacological implications. *Biochem. Pharmacol.* 114086. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.114086>.
- Tijero V., Muñoz, P., Munné-Bosch, S., 2019. Melatonin as an inhibitor of sweet cherries ripening in orchard trees. *Plant Physiol. Biochem.* 140, 88-95. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.05.007>
- Valero, D., Mirdehghan, S. H., Sayyari, M., Serrano, M., 2015. Vapor treatments, chilling, storage, and antioxidants in pomegranates. In *Processing and Impact on Active Components in Food*. 189-196. Academic Press, Elsevier, USA. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-404699-3.00023-8>
- Valero, D., Serrano, M., 2010. *Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality*. Ed Boca Raton: CRC Press; 288 p. <https://doi.org/10.1201/9781439802670>
- Xia, H., Shen, Y., Shen, T., Wang, X., Zhang, X., Hu, P., Liang, D., Lin, L., Deng, H., Wang, J., Deng, Q., Lv, X., 2020. Melatonin accumulation in sweet cherry and its influence on fruit quality and antioxidant properties. *Molecules*, 25(3), 753. <https://doi.org/10.3390/molecules25030753>
- Xu, T., Chen, Y., Kang, H.Y., 2019. Melatonin is a potential target for improving post-harvest preservation of fruits and vegetables. *Front. Plant Sci.*, 10, 1388. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01388>