

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
Máster Universitario en Tecnología y Calidad Agroalimentaria



**Aplicación de tratamientos post-cosecha para
incrementar la calidad durante el
almacenamiento de aguacate (*Persea americana*
M.)**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Septiembre – 2021

AUTOR: Mihaela Iasmina Madalina Ilea

DIRECTORES: Antonio Fabián Guillén Arco

Juan Miguel Valverde Veracruz



**MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD
AGROALIMENTARIA**

VISTO BUENO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Curso 2020/2021

Director/es del trabajo

Antonio Fabián Guillén Arco
Juan Miguel Valverde Veracruz

Dan su visto bueno al Trabajo Fin de Máster

Título del Trabajo

Aplicación de tratamientos post-cosecha para incrementar la calidad durante el almacenamiento de aguacate (*Persea americana* M.)

Alumno

Mihaela Iasmina Madalina Ilea

Orihuela, a 15 de Septiembre de 2021

Firma/s tutores trabajo



**MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD
AGROALIMENTARIA**

REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Título: Aplicación de tratamientos post-cosecha para incrementar la calidad durante el almacenamiento de aguacate (*Persea americana* M.)

Title: Application of post-harvest treatments to increase quality during avocado storage (*Persea americana* M.)

Modalidad (proyecto/experimental): Experimental

Type (project/research): Research

Autor/Author: Mihaela Iasmina Madalina Ilea

Director/es/Advisor: Antonio Fabián Guillén Arco

Convocatoria: Extraordinaria

Month and year: Septiembre 2021

Número de referencias bibliográficas/number of references: 38

Número de tablas/Number of tables:

Número de figuras/Number of figures: 6

Número de planos/Number of maps:

Palabras clave (5 palabras): Vida útil, polifenoles, refrigeración, comercialización, metabolismo

Keywords (5 words): Shelf life, polyphenols, refrigeration, commercialization, metabolism



MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

RESUMEN (mínimo 10 líneas): Las frutas tropicales en general son productos con una vida útil corta, debido principalmente a la deshidratación y ablandamiento que sufren estos frutos durante su almacenamiento en postcosecha. La refrigeración es una herramienta útil a la hora de preservar frutas tropicales, sin embargo y pese a los beneficios que las bajas temperaturas conllevan sobre la vida útil, estas suelen provocar en las frutas tropicales en general y en el aguacate en particular desórdenes fisiológicos. La elevada sensibilidad que presentan los aguacates a las bajas temperaturas da lugar importantes daños tanto en la piel como en el interior del fruto. En la piel, el colapso de los tejidos incrementa las pérdidas de peso imposibilitando la comercialización al igual que los pardeamientos internos provocados por la refrigeración. En este trabajo evaluamos el efecto en la reducción de estos daños por distintos tratamientos aplicados en aguacates almacenados a temperaturas sub-óptimas (5°C). Para ello comparamos la extensión de vida útil mediante la aplicación de sustancias artificiales de síntesis o con la aplicación de compuestos de origen natural, ambos con actividad demostrada frente a las alteraciones que las bajas temperaturas pueden provocar en otros productos vegetales. Los tratamientos aplicados de forma independiente mejoraron varios parámetros de la calidad general del fruto en comparación con los controles durante el almacenamiento, controlando además la incidencia de los daños causados por la conservación frigorífica ensayada. Además, los elicitores naturales aplicados incrementaron el contenido en compuestos bioactivos presentes en estos frutos en comparación con los frutos controles o los tratados con sustancias de origen artificial. Por tanto, la utilización de compuestos de origen natural podría sustituir compuestos de origen artificial ampliamente utilizados en la comercialización de estos frutos mejorando la sostenibilidad ya que estos compuestos son propios de los tejidos de la planta.

ABSTRACT (10 lines or more): Tropical fruits in general have a short shelf life, mainly due to the dehydration and softening that these fruits undergo during postharvest storage. Refrigeration is a useful tool for preserving tropical fruits; however, despite the benefits that low temperatures have on shelf life, they tend to cause physiological disorders in tropical fruits in general and in avocados. The high sensitivity of avocados to low temperatures results in significant damage to both the skin and the interior of the fruit. In the skin, the collapse of tissues increases weight loss, making the commercialization impossible, as well as internal browning caused by refrigeration. In this study, we evaluated the effect on the reduction of these damages by different treatments applied to avocados stored at suboptimal temperatures (5°C). For this purpose, we compared the extension of shelf life by the application of artificial synthetic substances or by the application of compounds of natural origin, both with efficient proven activity against the alterations that low temperatures can cause in other vegetable products. The treatments applied independently improved several parameters of the general quality of the fruit compared to the controls during storage, also controlling the incidence of damage caused by the cold storage tested. In addition, the natural elicitors applied increased the content of bioactive compounds present in these fruits compared to controls or those treated with substances of artificial origin. Therefore, the use of compounds of natural origin could replace compounds of artificial origin widely used in the commercialization of these fruits, improving sustainability, since these compounds are native to plant tissues.



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 genómica en investigación e innovación agroalimentaria”. Dr. Manuel Jamilena (Departamento de Biología y Geología, Universidad de Almería)
Sesión 1	Recursos Fitogenéticos, Mejora y Biotecnología en Producción Vegetal. Moderador: Dra. Nuria Alburquerque 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. Alburquerque.</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>I. 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 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><u>B. Ruiz</u>, 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><u>A.A. Luna Bojórquez</u>, P.G. González Pech, F.A. Méndez Ortíz, 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><u>P. Monllor</u>, 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><u>S. Aparicio</u>, 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 <u>G. Díaz</u></i>

<p>S5-O2 16:00-16:15</p>	<p>Mejora de la sostenibilidad del cultivo de fresa: mecanismos fisiológicos desencadenados por bacterias PGP bajo condiciones subóptimas de fertilización.</p> <p><i><u>E. Romano</u>, 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></p>
<p>S5-O3 16:15-16:30</p>	<p>Estudio de caracterización de suelos contaminados con ceniza volcánica y forraje destinado a consumo animal en la zona de Bilbao-Ecuador.</p> <p><i><u>L. Carrera-Beltrán</u>, I. Gavilanes-Terán, J. Idrovo-Novillo, V. H. Valverde, T. Albán-Guerrero, S. Ruiz- Illapa, C. Paredes y A.A. Carbonell-Barrachina.</i></p>
<p>S5-O4 16:30-16:45</p>	<p>Influencia de la micorrización con <i>Glomus sp.</i> sobre sustancias farmacológicamente activas en el cultivo de <i>Cistus albidus</i> L.</p> <p><i><u>D. Raus de Baviera</u>, E. Barrajón-Catalán, A. Ruiz Canales, M. Losada-Echeberría y F. J. Álvarez-Martínez.</i></p>
<p>S5-O5 16:45-17:00</p>	<p>Especies de <i>Variovorax</i> asociadas al nódulo que mejoran el crecimiento y la nodulación de <i>Medicago sativa</i> en situaciones de estrés.</p> <p><i><u>N.J. Flores-Duarte</u>, J. Pérez-Pérez, E. Mateos-Naranjo, S. Redondo-Gómez, E. Pajuelo, I.D. Rodríguez-Llorente y S. Navarro-Torre.</i></p>
<p>S5-O6 17:00-17:15</p>	<p>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</p> <p><i><u>M. Nicolás</u>, M.C. Ruiz-Aracil, A. Carrión-Antolí, J.M. Lorente-Mento, J.M. Valverde y F. Guillén.</i></p>
<p>S5-O7 17:15-17:30</p>	<p>Climate Change, Food Crisis, Covid-19 in Mozambique.</p> <p><i><u>Jérôme Etsong Mbang.</u></i></p>
<p>Presentaciones en Póster</p>	
<p>S5-P1</p>	<p>Biofertilizantes: herramientas para optimizar la producción de fresa con reducciones de riego y fertilización química.</p>

	<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><u>S. Sánchez Méndez</u>, 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><u>A. García-Rández</u>, 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 y <u>M.A. Bustamante</u>.</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><u>M.M. Paricio-Caño</u> 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	Caracterización edafológica de los suelos de la comarca “La Marina Alta” para determinar su capacidad vitícola. <i>B. López, E. Martínez-Sabater, M.A. Molina-Huertas y C. Paredes.</i>
S9-O2 10:00-10:15	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-O3 10:15-10:30	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><u>P. Espitia-Zambrano</u> 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 <u>M.T. Pretel.</u></i>
S9-P2	Desarrollo territorial en las marismas de la margen izquierda del Guadalquivir. <i><u>M.A. Falcón Sánchez</u></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 10:30-10:45	Reformulación de hamburguesas de ternera con geles de emulsiones de agua y aceites vegetales. <i><u>A. Gea-Quesada</u>, E. Sayas-Barberá, C. Botella-Martínez y M. Viuda-Martos.</i>
S10-O2 10:45-11:00	Aplicación de un subproducto de mango como antioxidante en un producto cárnico. <i><u>L. Morocho</u>, F. Reyes, M.C. Guamán-Balcázar</i>
11:00-11:15	Pausa Café
S10-O3 11:15-11:30	Caracterización de queso curado de oveja con y sin DOP Manchego basado en el perfil de compuestos volátiles, pH, humedad y ATR-FTIR. <i><u>R. Pesci de Almeida</u>, K. A. Iglér, M. Cano-Lamadrid, E. Sendra, A. Beltrán y A. Valdés.</i>
S10-O4 11:30-11:45	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 11:45-12:00	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 12:00-12:15	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 12:15-12:30	Proteína PeAfpA: optimización de su producción biotecnológica y aplicación en patosistemas postcosecha. <i>C. Roperó, J.F. Marcos y P. Manzanares.</i>
S11-O3 12:30-12:45	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 12:45-13:00	Aplicación de tratamientos post-cosecha para incrementar la calidad durante el almacenamiento de aguacate (<i>Persea americana</i> M.). <i><u>M.I. Madalina-Ilea</u>, M.C. Ruiz-Aracil, J.M. Valverde, M. Nicolás y F. Guillén.</i>
S11-O5 13:00-13:15	Aprovechamiento de un subproducto de la industria de aceituna para el desarrollo de alimentos con un valor añadido. <i><u>M. Ródenas</u>, M.J. Giménez, M.E. García-Pastor y P.J. Zapata.</i>

S11-O6 13:15-13:30	Mejora de la conservación de la granada “Mollar de Elche” mediante tratamientos precosecha con Jasmonato de Metilo. <i><u>A.M. Codes-Alcaraz</u>, A. Dobón-Suárez, M.E. García-Pastor y S. Castillo.</i>
S11-O7 13:30-13:45	Efecto de la aplicación postcosecha de nitroprusiato de sodio sobre la calidad de limón ecológico. <i><u>A. Del Cerro</u>, A. Dobón-Suarez, M.E. García-Pastor, M. Giménez y P.J. Zapata.</i>
S11-O8 13:45-14:00	Melatonina aplicada como tratamiento en campo incrementa los sistemas antioxidantes en las cerezas ‘Prime Giant’. <i><u>A. Carrión-Antolí</u>, F. Badiche, J.M. Lorente-Mento, F. Guillén, S. Castillo, M. Serrano y D. Valero.</i>
14:00-15:00	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><u>A. Guirao</u>, 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-O12 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-O13 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-Berenguer, 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	<p>Comparación de distintos parámetros de quesos curados de oveja DOP Manchego (Denominación de Origen Protegida) vs no-DOP.</p> <p><i><u>K. A. Iglér Marí</u>, E. Sendra, A. Valdés García, A. Beltrán Sanahuja, R. Pesci De Almeida y M. Cano Lamadrid.</i></p>
S12-O7 17:45-18:00	<p>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.</p> <p><i><u>A. E. Vargas</u>, M. Cano y E. Sendra.</i></p>
S12-O8 18:00-18:15	<p>Caracterización de las flores y estigmas de <i>Crocus sativus</i> L. argelino y su valor como alimento.</p> <p><i><u>R. Vicente</u>, D. Cerdá, E. Valero y M.J. Frutos.</i></p>
S12-O9 18:15-18:30	<p>Estudio del grado de implementación de Clean Label en alimentos de gran consumo en España: propuestas de mejora.</p> <p><i><u>N. Jiménez-Redondo</u>, M. Cano-Lamadrid y J. M. Valverde.</i></p>
S12-O10 18:30-18:45	<p>Elaboración de cerveza artesana sin alcohol enriquecida funcionalmente con brotes de brócoli ecológico.</p> <p><i><u>J. Gerth</u>, A. Dobón-Suarez, M.E. García-Pastor, M. Giménez y P.J. Zapata.</i></p>
S12-O11 18:45-19:00	<p>Revisión científica y visión del sistema de alertas RASFF del contenido de metales pesados en alimentos.</p> <p><i><u>R.M. Franco-Calderón</u>, E. Sendra y M. Cano-Lamadrid.</i></p>
Presentaciones en Póster	
S12-P1	<p>Composición nutricional y actividad antioxidante del azafrán (<i>Crocus sativus</i>, L.) y sus subproductos florales para el desarrollo de nuevos ingredientes funcionales.</p> <p><i><u>D. Cerdá-Bernad</u>, E. Valero-Cases y M.J. Frutos .</i></p>
S12-P2	<p>Alteración de la microbiota intestinal en pacientes con COVID-19.</p> <p><i><u>P. Bersano-Reyes y G. Nieto-Martínez.</u></i></p>
S12-P3	<p>Aplicación de subproducto de mango como antioxidante en un producto de panadería.</p> <p><i><u>J. Rueda</u>, N. Ortega y M. Guamán.</i></p>

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><u>L. Andreu-Coll</u>, 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><u>C. Campuzano</u> 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)

Aplicación de tratamientos post-cosecha para incrementar la calidad durante el almacenamiento de aguacate (*Persea americana* M.)

M.I.M. Ilea, M.C. Ruiz-Aracil, J.M. Valverde, M. Nicolás-Almansa, F. Guillén.

Dept. Tecnología Agroalimentaria, EPSO, Universidad Miguel Hernández, Ctra. Beniel km. 3.2, 03312, Orihuela, Alicante, e-mail: mihaela.ilea@alu.umh.es

Resumen

Las frutas tropicales en general son productos con una vida útil corta, debido principalmente a la deshidratación y ablandamiento que sufren estos frutos durante su almacenamiento en postcosecha. La refrigeración es una herramienta útil a la hora de preservar frutas tropicales, sin embargo y pese a los beneficios que las bajas temperaturas conllevan sobre la vida útil, estas suelen provocar en las frutas tropicales en general y en el aguacate en particular desórdenes fisiológicos. La elevada sensibilidad que presentan los aguacates a las bajas temperaturas da lugar importantes daños tanto en la piel como en el interior del fruto. En la piel, el colapso de los tejidos incrementa las pérdidas de peso imposibilitando la comercialización al igual que los pardeamientos internos provocados por la refrigeración. En este trabajo evaluamos el efecto en la reducción de estos daños por distintos tratamientos aplicados en aguacates almacenados a temperaturas sub-óptimas (5°C). Para ello comparamos la extensión de vida útil mediante la aplicación de sustancias artificiales de síntesis o con la aplicación de compuestos de origen natural, ambos con actividad demostrada frente a las alteraciones que las bajas temperaturas pueden provocar en otros productos vegetales. Los tratamientos aplicados de forma independiente mejoraron varios parámetros de la calidad general del fruto en comparación con los controles durante el almacenamiento, controlando además la incidencia de los daños causados por la conservación frigorífica ensayada. Además, los elicitores naturales aplicados incrementaron el contenido en compuestos bioactivos presentes en estos frutos en comparación con los frutos controles o los tratados con sustancias de origen artificial. Por tanto, la utilización de compuestos de origen natural podría sustituir compuestos de origen artificial ampliamente utilizados en la comercialización de estos frutos mejorando la sostenibilidad ya que estos compuestos son propios de los tejidos de la planta.

Palabras clave: Vida útil, polifenoles, refrigeración, comercialización, metabolismo

Application of post-harvest treatments to increase quality during avocado storage (*Persea americana* M.)

Abstract

Tropical fruits in general have a short shelf life, mainly due to the dehydration and softening that these fruits undergo during postharvest storage. Refrigeration is a useful tool for preserving tropical fruits; however, despite the benefits that low temperatures have on shelf life, they tend to cause physiological disorders in tropical fruits in general and in avocados. The high sensitivity of avocados to low temperatures results in significant damage to both the skin and the interior of the fruit. In the skin, the collapse of tissues increases weight loss, making the commercialization impossible, as well as internal browning caused by refrigeration. In this study, we evaluated the effect on the reduction of these damages by different treatments applied to avocados stored at suboptimal temperatures (5°C). For this purpose, we compared the extension of shelf life by the application of artificial synthetic substances or by the application of compounds of natural origin, both with efficient proven activity against the alterations that low temperatures can cause in other vegetable products. The treatments applied independently improved several parameters of the general quality of the fruit compared to the controls during storage, also controlling the incidence of damage caused by the cold storage tested. In addition, the natural elicitors applied increased the content of bioactive compounds present in these fruits compared to controls or those treated with substances of artificial origin. Therefore, the use of compounds of natural origin could replace compounds of artificial origin widely used in the commercialization of these fruits, improving sustainability, since these compounds are native to plant tissues.

Key words: Shelf life, polyphenols, refrigeration, commercialization, metabolism

1. Introducción

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es una fruta subtropical originaria de México y Centroamérica, y ampliamente producida y consumida en todo el mundo. Pertenece a la familia Lauraceae y al género *Persea*, del que se conocen más de 150 especies (Araújo et al., 2018). Es importante mencionar que el aguacate es un fruto climatérico, lo que significa que tiene una alta tasa de respiración y una abundante

producción de etileno durante su maduración, por lo tanto, puede madurar tras la cosecha, lo que supone una desventaja para su comercialización al verse afectada su vida útil y por lo tanto su calidad comercial.

El almacenamiento en frío es el tratamiento más eficaz para retrasar la maduración de la fruta, logrando ralentizar el proceso de respiración, además de controlar la salida de CO₂ interno y la entrada del oxígeno externo (Arpaia et al., 2015). Es importante mencionar que los aguacates, tras la cosecha tardan entre 5 y 7 días en madurar completamente a temperatura ambiente (Ozdemir y Topuz, 2004). De hecho, se ha observado que, por cada 10 °C de disminución en la temperatura de almacenamiento, la respiración se reduce a la mitad, observándose también una menor metabolización de ciertos compuestos (azúcares y la materia orgánica), así como también una ralentización en la producción de etileno (Bill et al., 2014).

Por otra parte, aunque las ventajas del almacenamiento refrigerado son innegables, las temperaturas de almacenamiento sub-óptimas pueden causar daños y pérdidas de calidad en los frutos. El oscurecimiento del mesocarpio durante el almacenamiento en frío es uno de los síntomas de daño por frío que se manifiestan en los frutos de aguacate causando importantes pérdidas de exportación cada año (Lelyveld y Bower, 1984). Para abordar este problema es necesario controlar las condiciones de almacenamiento y maduración de la fruta (Munhuweyi et al., 2020) ya que esto también puede ser una consecuencia de daños por frío (Arpaia et al., 2018).

La aplicación de tratamientos post-cosecha con la finalidad de regular el crecimiento y la maduración durante el almacenamiento y el transporte de los aguacates es una importante herramienta, con un alto impacto en la vida útil de estos frutos. Por este motivo en condiciones comerciales, el almacenamiento refrigerado se combina con tratamientos postcosecha como el 1-metilciclopropeno (1-MCP), una formulación gaseosa que se aplica a la fruta de forma comercial desde hace años. Su uso logra retrasar la tasa de respiración, la pérdida de peso, la decoloración fisiológica del mesocarpio asociada al etileno (pulpa gris) y los daños por frío internos, además de influir en la reducción de las infecciones fúngicas y en el aumento del contenido de antioxidantes durante el almacenamiento de la fruta (Munhuweyi et al., 2020). Además se han estudiado distintos tratamientos postcosecha como los tratamientos térmicos mediante inmersión en agua caliente, alargando la vida útil y reduciendo los daños por frío (Setagane et al., 2021) y minimizando el impacto de los insectos (Hofman et al., 2002).

Algunos de estos tratamientos están basados en elicitores. Los elicitores son sustancias que provocan un cambio fisiológico en la planta con la finalidad de activar una serie de mecanismos de reacción, parecidos a las respuestas de defensa, aumentando de esta forma la síntesis de compuestos fitoquímicos en su metabolismo que son beneficiosos al tener una función de protección contra los posibles daños que esta pueda sufrir (Pandi-Perumal et al., 2006).

La melatonina (N-acetil-5-metoxitriptamina) que es una hormona secretada en la glándula pineal, puede ser utilizada como elicitador en los tratamientos post-cosecha. Su presencia en plantas fue descrita por primera vez en el año 1995 por Dubbels et al., (1995) siendo una reguladora del crecimiento. Estudios recientes como el descrito por Wang et al., (2020) afirman que la melatonina endógena participa tanto en la defensa como en el crecimiento de la fruta y que su concentración varía durante el desarrollo de la fruta, disminuyendo durante la maduración. Por otra parte, la aplicación de la melatonina exógena logró aumentar la biosíntesis de aquella endógena, además de aumentar los niveles de los compuestos fenólicos, así como también el número de los frutos, el peso y el rendimiento general (Arnao et al., 2019). De esta forma, la melatonina es capaz de reducir el estrés oxidativo reduciendo los daños por frío y retrasando la senescencia (Zhao et al., 2016).

En este estudio, tratamos de dilucidar las posibilidades de la melatonina sobre los daños por frío y la vida útil del aguacate en comparación a compuestos de origen artificial como es el 1-MCP ampliamente utilizado de forma comercial en la postcosecha de este y otros frutos.

2. Materiales y Métodos

Los aguacates cv. Hass (*Persea americana* Mill.) objeto de este estudio fueron recolectados en una finca comercial de Granada, y rápidamente fueron transportados hasta el laboratorio, el mismo día de la recolección. En el laboratorio se procedió a seleccionar la fruta teniendo en cuenta una serie de características y parámetros como son el tamaño, la ausencia de defectos, y el color de cada pieza. Tras la selección de 96 aguacates, los frutos se agruparon en lotes o tratamientos de 12 aguacates divididos

en tres muestras de 4 aguacates cada uno. Además, se seleccionaron otros doce frutos para evaluar el día 0 para establecer así las condiciones en que los aguacates llegaron al laboratorio. Los tratamientos aplicados fueron inmersiones con distintas soluciones (agua destilada o bien melatonina 0,05 y 0.5 mM) sometiendo a los frutos a dos distintos tiempos de inmersión (10 y 60 min). Estos además se compararon con otros lotes tratados con 1-MCP (300 ppb). La dosis de 1-MCP óptima en estos frutos fue escogida de entre las ensayadas en esta variedad por Defilippi et al., (2018).

Los tratamientos con 1-MCP se realizaron mediante la utilización de pastillas comerciales liberadoras de este compuesto a las dosis aplicadas, todo proporcionado por SmartFresh (AgroFresh Inc., Philadelphia, PA) en contenedores herméticos de 130 L.

Todos los frutos se almacenaron a 5 °C con una humedad relativa del 90 % para ser posteriormente muestreados tras diversos periodos de almacenamiento en frío más dos días más a 20 °C.

La respiración y el etileno se determinaron mediante sistema estático en cada lote; el peso, y la firmeza del fruto entero, se determinaron individualmente en cada aguacate. Esta última se evaluó por duplicado en cada lado del aguacate mediante la aplicación de una deformación del 5%. Se realizaron dos medidas en cada uno de los lados del fruto (n = 24). La evaluación del color se determinó utilizando el sistema CIELAB (L*, a*, b*) por medio de un colorímetro triestímulo Minolta modelo CR200, realizándose tres medidas del color para cada fruto en tres puntos equidistantes longitudinalmente. Estos parámetros han sido evaluados siguiendo las indicaciones descritas por Serrano et al., (2009).

Los antocianos fueron evaluados en la piel y los polifenoles totales en la pulpa de los aguacates respectivamente, siguiendo los métodos descritos por García-Pastor et al., (2020). El contenido en clorofilas totales y en carotenoides se evaluó en la piel de los aguacates siguiendo el método y ecuaciones descritas por Arnon, (1949) y Bruinsma, (1963) para evaluar el contenido en los distintos pigmentos.

Los daños por frío en los aguacates se evaluaron en la pulpa de los mismos inmediatamente tras cortarlos por la mitad, de forma visual siguiendo las indicaciones descritas por Ding et al., (2002). Para ello se asignó una escala de 0 - 4 donde 0 = sin daños, 1 = menos de un 5% de la superficie afectada, 2 = 5-15% de la superficie, 3 = 16–25 % de la superficie y 4 = más de un 25% de la superficie. Se aplicó la siguiente ecuación para evaluar los daños por frío: $\sum (\text{nivel de daño}) \times (\text{número de frutos con ese nivel de daño}) / \text{Total n}^\circ \text{ frutos}$. Por otro lado, se evaluó de forma visual el número de frutos afectados por podredumbres y los resultados se expresaron como % de frutos afectados sobre el total de frutos bajo estudio. El experimento se llevó a cabo en un diseño completamente aleatorio. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y los datos se estudiaron utilizando el paquete de software SPSS v. 20.0. para Windows. Cuando las diferencias mostradas por las distintas muestras han resultado ser significativas ($P < 0.05$) los valores de las medias \pm ES se compararon mediante el Test de Tuckey.

Resultados y Discusión

3.1. Tasa de Respiración y Producción de Etileno

La respiración de los frutos consiste en una serie de reacciones catalizadas por enzimas, cuya velocidad está relacionada con la temperatura. Las frutas y hortalizas, aunque su actividad fotosintética se interrumpa, respiran tras su recolección. Para obtener energía, los azúcares procedentes de la degradación del almidón se oxidan, formándose H₂O y CO₂ (Valero y Serrano, 2010). En los frutos climatéricos como el aguacate, se produce un incremento en la producción de etileno al inicio de la maduración y se considera que esta hormona es la que da lugar a los cambios en el color, aroma, textura, flavor y otros cambios bioquímicos relacionados con la maduración (Giovanonni, 2001).

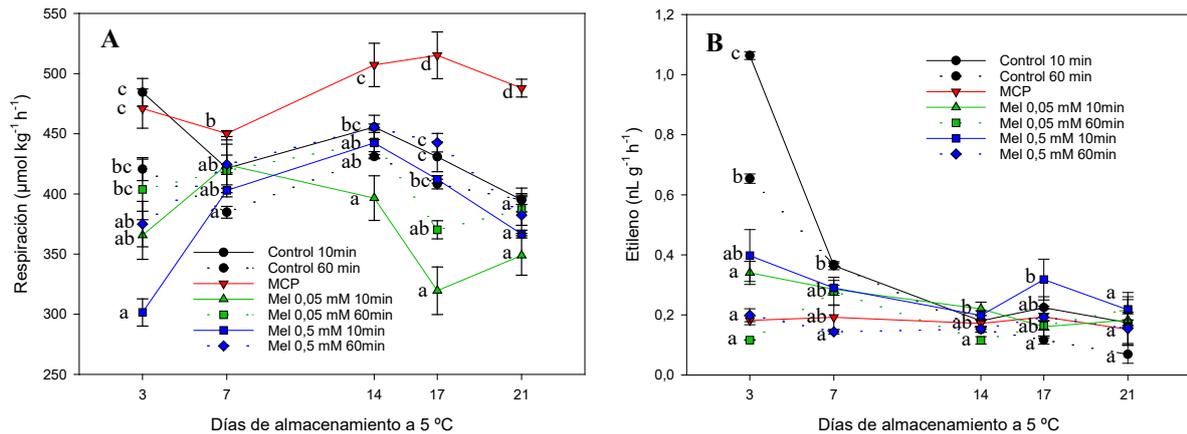


Figura 1. (A) Evolución de la respiración y (B) de la producción de etileno en los aguacates controles, tratados con 1-MCP y con distintas dosis de melatonina tras el almacenamiento refrigerado a 5°C. Los valores medios \pm ES, seguidos de distintas letras en un mismo día de muestreo son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

En el día de la recolección, los valores de respiración y de producción de etileno fueron de $421,16 \pm 32 \mu\text{mol kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ y $0.51 \pm 0,02 \text{ nL g}^{-1} \text{h}^{-1}$ respectivamente y tras estudiar su evolución pudimos observar cómo en general la producción de CO_2 y la producción de etileno incrementaron ligeramente durante el almacenamiento (Figura 1). Especialmente en los frutos tratados con 1-MCP observándose diferencias significativas ($P < 0,05$) con respecto al resto de tratamientos. Algunas dosis de melatonina consiguieron reducir la producción de CO_2 y con ello ralentizar el metabolismo del fruto, al igual que lograron reducir la producción de etileno desde los primeros días del estudio (Figura 1A). La dosis más baja de melatonina (0,05 mM) durante el tiempo de aplicación más corto (10 minutos), fue la que más redujo la producción de CO_2 de forma significativa ($P < 0,05$) durante gran parte de los muestreos. En cuanto a la producción de etileno, las dosis de melatonina aplicadas fueron efectivas durante el almacenamiento en frío con producciones de etileno similares a las obtenidas en los frutos tratados con 1-MCP (Figura 1B). En un estudio reciente (Wang et al., 2020) se indica como la melatonina ha mostrado una alta eficacia sobre los frutos retrasando parámetros relacionados con la senescencia. Asimismo, en estudios anteriores se ha observado cómo la acción de la melatonina o de derivados metabólicos de esta, son capaces de reducir la actividad metabólica de los tejidos lo cual conlleva una menor producción de etileno (Han et al., 2020).

3.2. Pérdida de Peso y Firmeza

La pérdida de peso principalmente se debe a las pérdidas de agua durante la transpiración siendo una causa importante del deterioro del aguacate, dando lugar a pérdidas de calidad. Tras la recolección continúan los procesos de transpiración por el cual el agua, en estado de vapor, atraviesa las estomas y la epidermis provocándose la pérdida del peso del fruto (Valero y Serrano 2010).

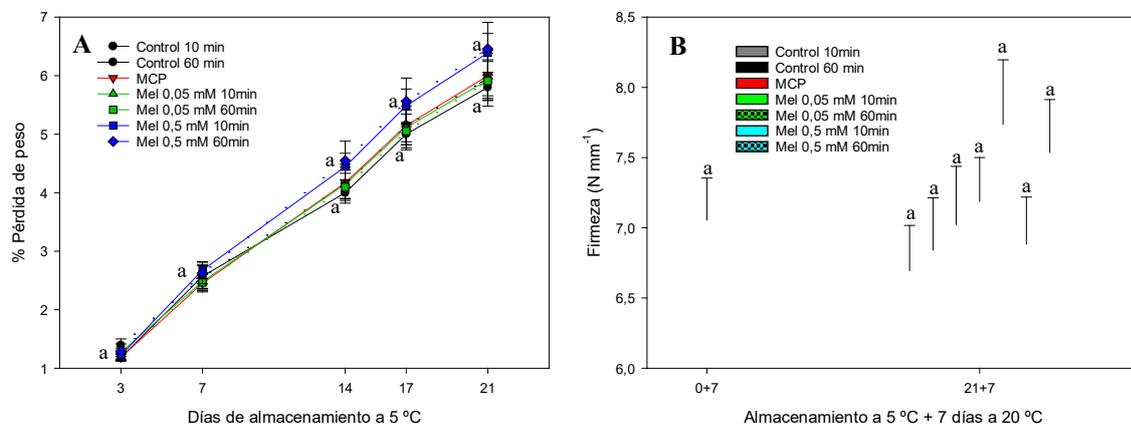


Figura 2. (A) Evolución de la pérdida de peso (%) y (B) de la firmeza (Nmm⁻¹) en los aguacates controles, tratados con 1-MCP y con distintas dosis de melatonina durante el almacenamiento refrigerado y tras 7 días más a 20°C. Los valores medios ± ES, seguidos de distintas letras en un mismo día de muestreo son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

Por otra parte, la textura de las frutas y hortalizas sufre transformaciones. Estos cambios en la textura están relacionados con la turgencia de los tejidos y, por tanto, con a la actividad hidrolítica de enzimas que se encargan de degradar pectinas, celulosas y hemicelulosas de la pared celular (Paniagua et al., 2014).

Durante la evaluación de las pérdidas de peso se observó un incremento de este parámetro durante el almacenamiento. Sin embargo, cuando los frutos fueron tratados con melatonina a dosis 0,5mM pudimos comprobar un efecto en el incremento de las pérdidas de peso de los aguacates tratados a esta dosis (Figura 2A). Sin embargo, no encontramos diferencias significativas ($P < 0,05$) entre ninguno de los tratamientos aplicados incluso cuando los frutos fueron tratados con 1-MCP. En otros frutos se ha observado una reducción de la evolución de las pérdidas de peso en diferentes especies vegetales (Arnao y Hernández-Ruiz, 2019). Probablemente debidas en parte a una menor respiración celular y a una mayor integridad de los frutos tratados (Wang et al., 2020).

Respecto a la firmeza (Figura 2B) observamos como los tratamientos con melatonina más exitosos a la hora de mantener los mayores niveles de firmeza, fue las dosis de melatonina de 0,05mM a un tiempo de inmersión de 10 minutos, seguida de la dosis 0,5 mM 10 min. No obstante, las diferencias no fueron significativas ($P < 0,05$) entre los distintos tratamientos aplicados. Diferentes autores han demostrado la acción de la melatonina estimulando la expresión de genes relacionados con la estructura de la pared celular (Sun et al., 2015; Zhai et al., 2018) reduciendo la degradación de sustancias pécticas, responsable del ablandamiento de los frutos.

3.3. Parámetros de color L* y a*

El parámetro de color a* hace referencia a una de las coordenadas cromáticas utilizadas en el espacio de color CIE L*a*b* y representa el eje rojo/verde, mostrando colores verdes en el eje negativo. El color L* a su vez representa la luminosidad del fruto en una escala de 0 (negro) a 100 (blanco) pudiendo relacionarse este parámetro con la pérdida de peso del fruto (Martínez-Romero et al., 2002).

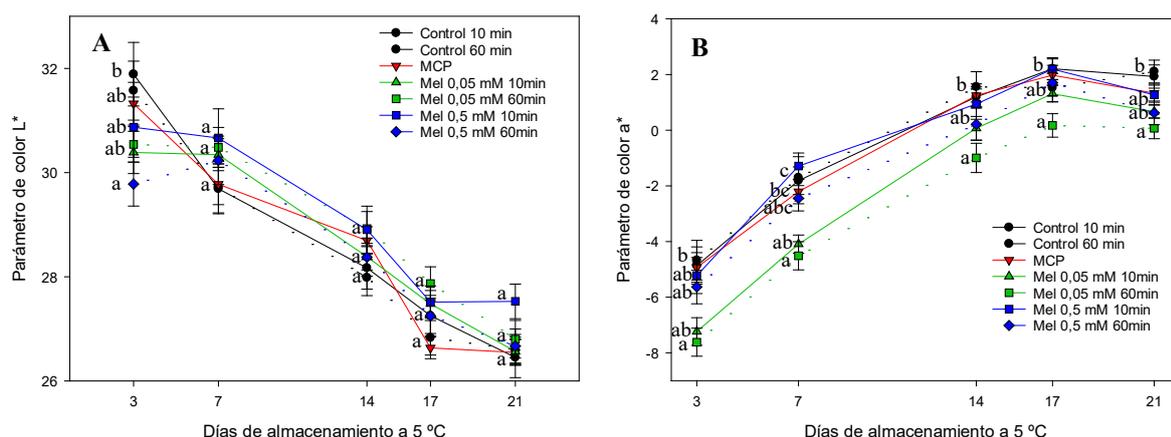


Figura 3. (A) Evolución del parámetro de color L* y (B) del parámetro de color a*, en la piel de los aguacates controles, tratados con 1-MCP y con distintas dosis de melatonina tras el almacenamiento refrigerado a 5°C. Los valores medios ± ES, seguidos de distintas letras en un mismo día de muestreo son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

Tras evaluar los resultados obtenidos con respecto a la evolución del color en los aguacates pudimos comprobar que tanto el parámetro L* como el parámetro a* fueron retrasados por algunas de las dosis

de melatonina aplicadas. Con relación al parámetro L^* (Figura 3A) los aguacates tratados con melatonina 0,5 mM durante 10 min y 0,05 mM durante 60 min mostraron los mejores resultados, sin embargo, las diferencias no fueron significativas ($P < 0,05$). En cuanto al parámetro a^* (Figura 3B) que nos remite a las tonalidades verdosas cuanto más negativos son los valores que presenta este parámetro, pudimos comprobar que los tratamientos con melatonina aplicados a la más baja de las concentraciones fueron significativamente inferiores ($P < 0,05$) con respecto a los frutos tratados con 1-MCP y controles. Distintos estudios describen la capacidad de la melatonina retrasando la evolución del color tanto cuando esta es aplicada en precosecha (Medina-Santamarina et al., 2021) o como tratamiento postcosecha (Arnao y Hernández-Ruiz, 2019). De igual forma, el 1-MCP ha demostrado su impacto en el retraso de los parámetros de color, principalmente debido a la menor producción de etileno (Guillen et al., 2006; Gaikwad et al., 2020).

3.4. Compuestos Bioactivos

Queda demostrada la presencia de los compuestos bioactivos con propiedades beneficiosas en los frutos de aguacates, donde destacan los compuestos fenólicos como son los ácidos hidroxicinámicos, los ácidos hidroxibenzoicos, los flavonoides y proantocianinas, así como también las acetogeninas, los fitoesteroles, los carotenoides y los alcaloides (Salazar-López et al., 2020).

3.4.1. Antocianos y Clorofilas Totales

Aunque en el día de la recolección no se detectaron antocianinas en la piel de los aguacates, los niveles de clorofilas totales de los frutos fueron de $67,02 \pm 1,58 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Sin embargo, a lo largo del almacenamiento refrigerado más 7 días a 20°C , incrementaron las antocianinas y disminuyó el contenido en clorofilas (Figura 4) especialmente en los frutos control de forma muy significativa ($P < 0,05$) con respecto al resto de tratamientos.

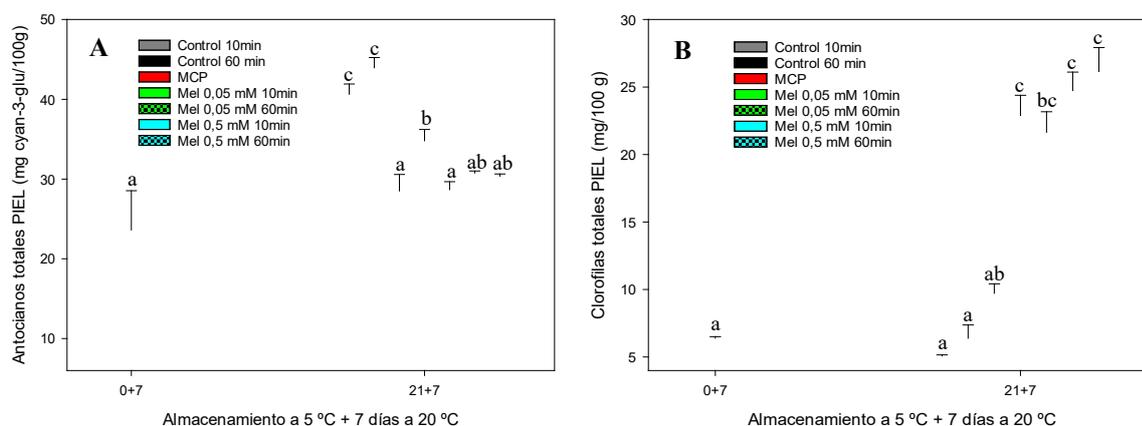


Figura 4. (A) Evolución de la concentración de antocianinas (mg/100g) y (B) de clorofilas (mg/100g¹) en la piel de los aguacates controles, tratados con 1-MCP y con distintas dosis de melatonina tras el almacenamiento refrigerado a 5°C más 7 días a 20°C . Los valores medios \pm ES, seguidos de distintas letras en un mismo día de muestreo son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

La concentración de antocianinas de la piel de los aguacates está relacionada también con una mayor coloración oscura de la misma. Así, podemos observar un aumento en todos los frutos conforme incrementó el tiempo de almacenamiento. Además, se observó un retraso en la acumulación de estos compuestos en aquellos aguacates tratados con las distintas dosis de melatonina, y con 1-MCP en comparación con las muestras control (Figura 4A). Las diferencias no fueron significativas ($P < 0,05$) en general entre los frutos tratados con 1-MCP o elicitores naturales. Por otra parte, en cuanto a la concentración de las clorofilas totales en las muestras tratadas (Figura 4B), únicamente fueron los tratamientos con melatonina a las distintas concentraciones y tiempos de inmersión los que mayores niveles de clorofila mantuvieron hacia el final del experimento ($P < 0,05$). Los cloroplastos son muy sensibles a las especies reactivas de oxígeno. Sin embargo, la melatonina es capaz de incrementar la actividad de los sistemas antioxidantes manteniendo estas estructuras. La estimulación de los sistemas

antioxidantes controlaría estas especies reactivas de oxígeno, como se ha descrito en otros tejidos vegetales tras el tratamiento con melatonina por Zhao et al., (2017).

3.4.2 Polifenoles y Carotenos Totales

El contenido en carotenoides y polifenoles totales el día de la recolección fue de $14,48 \pm 1,18$ mg 100 g⁻¹ y de $55,80 \pm 0,91$ mg 100 g⁻¹. No obstante, tras el almacenamiento refrigerado y 7 días más a 20°C este contenido se redujo en ambos parámetros. Con respecto al contenido en carotenoides (Figura 5A) esta reducción se produjo de forma significativa ($P < 0,05$) especialmente para los frutos controles o tratados con 1-MCP en comparación al resto de tratamientos. Así, observamos un mantenimiento de su concentración inicial en todos los tratamientos aplicados con melatonina al final del estudio, pero sin observarse diferencias significativas entre las distintas dosis o tiempos de aplicación.

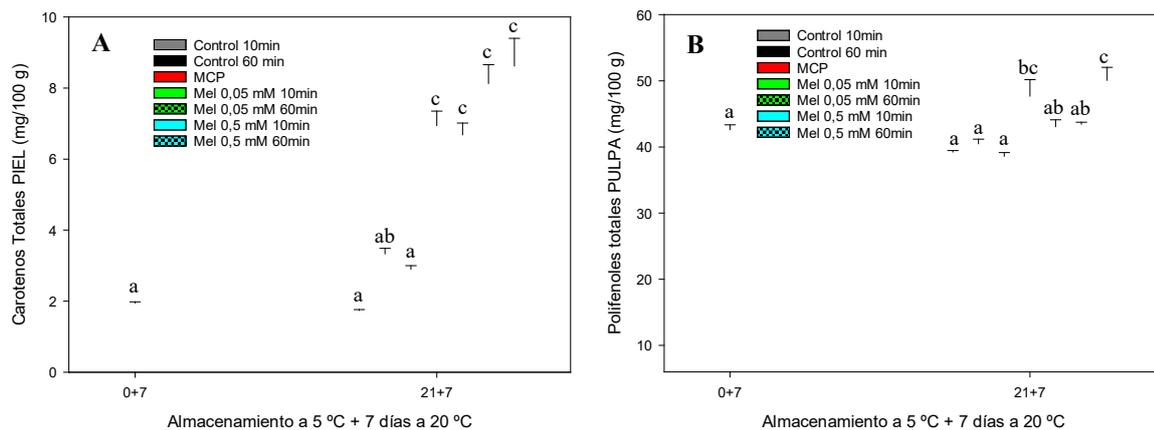


Figura 5. (A) Evolución de la concentración de carotenos en la piel (mg/100g) y (B) de polifenoles (mg/100g¹) totales en la pulpa de los aguacates controles, tratados con 1-MCP y con distintas dosis de melatonina tras el almacenamiento refrigerado a 5°C más 7 días a 20°C. Los valores medios \pm ES, seguidos de distintas letras en un mismo día de muestreo son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

Con respecto a la concentración de polifenoles totales en la pulpa de los aguacates (Figura 5B), observamos que sus niveles pese a que se redujeron en los distintos días de muestreo, mantuvieron de forma significativa mayor contenido de polifenoles totales cuando se trataron con melatonina a las dosis de 0,05mM y 0,5mM durante 10 o 60 min, respectivamente. La mayor concentración de polifenoles totales en los aguacates con melatonina podría atribuirse a una reducción en la actividad de la enzima polifenol-oxidasa (PPO), combinado con el aumento de la actividad antioxidante, como se ha descrito en otras especies (Aghdam y Fard, 2017; Arnao y Hernández-Ruiz, 2019).

3.4.3 Daños por frío y presencia de podredumbres

Como los aguacates son frutos sensibles a las bajas temperaturas, se suelen observar daños por frío al intentar alargar la vida útil de éstos mediante la reducción de la temperatura. Estos daños se suelen presentar como pardeamientos en la superficie del fruto y suelen producirse en la variedad “Hass” a temperaturas sub-óptimas (Woolf et al., 2003).

Una vez examinados los resultados obtenidos, pudimos observar que los daños por frío se manifestaron de forma significativa en los frutos controles mientras que los tratamientos con 1-MCP y con melatonina tuvieron un efecto similar en retrasar la aparición de esta fisiopatía. De hecho, y teniendo en cuenta los valores medios, la incidencia de estos daños fue reducida significativamente ($P < 0,05$) especialmente cuando se aplicaron distintas concentraciones de melatonina (Figura 6A). La melatonina es capaz de mantener la fluidez de la membrana celular, disminuyendo la oxidación celular (Arnao y Hernández-Ruiz, 2019). Este hecho retrasaría el colapso de las células y la aparición de los daños oxidativos resultantes.

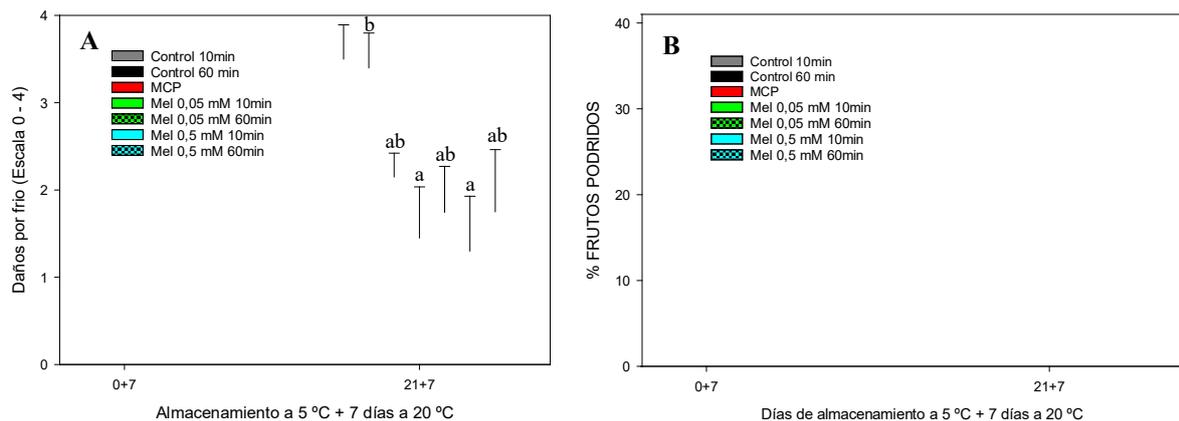


Figura 6. (A) Evolución de los daños por frío (escala 0-4) y (B) del porcentaje de frutos podridos (%) en los aguacates controles, tratados con 1-MCP y con distintas dosis de melatonina tras el almacenamiento refrigerado a 5°C más 7 días a 20°C. Los valores medios \pm ES, seguidos de distintas letras en un mismo día de muestreo son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

Además, en el aguacate y en otros frutos tropicales se ha observado como la reducción en los daños por frío estaba relacionada con una menor producción de etileno por parte del fruto (Selvarajah et al., 2001; Pesis et al., 2002), por lo que la reducción del etileno observado anteriormente en los frutos tratados con melatonina también podría estar relacionada con el menor impacto de los daños por frío. En cuanto a la aparición de podredumbres, se observó que estas aparecieron cuando se aplicaron los tiempos de inmersión de 60 minutos (Figura 6B). La vida útil del aguacate se ve comprometida por la susceptibilidad a los hongos fitopatógenos que causan el deterioro después de la cosecha es uno de ellos (Pompa et al., 2009). Las principales enfermedades del fruto del aguacate incluyen la antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides* y las podredumbres del corte del tallo causadas principalmente por *Lasiodiplodia theobromae* (Zentmyer et al., 1984).

3. Conclusiones

No existen estudios anteriores que evalúen el efecto de la melatonina sobre la calidad de los aguacates, pero nuestros resultados nos permiten concluir que el tratamiento con elicitores como la melatonina sobre la calidad del aguacate son una buena herramienta para mantener la calidad de estos frutos frente a temperaturas sub-óptimas. Aunque los tratamientos con sustancias de origen artificial como el 1-MCP han demostrado un efecto similar frente a los daños por frío, sólo fue capaz de retrasar la maduración de forma parcial comparado con los distintos efectos positivos producidos por las aplicaciones con melatonina. Además, estos elicitores son sustancias naturales e inocuas a las dosis aplicadas, por lo que la melatonina podría ser una alternativa eficaz y natural que incrementaría la vida útil de estos productos tropicales.

4. Bibliografía

- Aghdam, M. S., & Fard, J. R., 2017. Melatonin treatment attenuates postharvest decay and maintains nutritional quality of strawberry fruits (*Fragaria × ananassa* cv. Selva) by enhancing GABA shunt activity. *Food Chemistry*, 221, 1650–1657. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.123>
- Araújo, R., Rodríguez-Jasso, R., Ruiz, H., Pintado, M., & Aguilar, C., 2018. Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>
- Arnao, M.B., Hernández-Ruiz, J., 2019. Melatonin: A New Plant Hormone and/or a Plant Master Regulator. *Trends in Plant Science*, 24(1), pp. 38-4 <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.10.010>
- Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.*, 24, 1-15. <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>
- Arpaia, M. L., Collin, S., Sievert, J., & Obenland, D., 2015. Influence of cold storage prior to and after ripening on quality factors and sensory attributes of ‘Hass’ avocados. *Postharvest Biology and Technology*, 110, 149–157. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.016>

- Arpaia, M. L., Collin, S., Sievert, J., & Obenland, D., 2018. 'Hass' avocado quality as influenced by temperature and ethylene prior to and during final ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 140, 76–84. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.02.015>
- Bill, M., Sivakumar, D., Korsten, L. and Thompson, A.K., 2014. The Efficacy of Combined Application of Edible Coatings and Thyme Oil in inducing Resistance Components in Avocado (*Persea americana* Mill.) against Anthracnose during Post-Harvest Storage. *Crop Protection*, 64,159-167. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.06.015>
- Bruinsma, J., 1963. The quantitative analysis of chlorophyll a and b in plant extracts. *Protochem and Photobiol*, 2, 241-249. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1963.tb08220.x>
- Defilippi, B.G., Ejsmentewicz, T., Covarrubias, M.P., Gudenschwager, O., Campos-Vargas. R.,2018. Changes in cell wall pectins and their relation to postharvest mesocarp softening of “Hass” avocados (*Persea americana* Mill.) *Plant Physiology and Biochemistry*, 128, 142-151. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.05.018>
- Ding, C. K., Wang, C. Y., Gross, K. C., Smith, D. L., 2002. Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis related protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. *Planta*, 214, 895–901. <https://doi.org/10.1007/s00425-001-0698-9>
- Dubbels, R., Reiter, R.J., Klenke, E., Goebel, A., Schnakenberg, E., Ehlers, C., Schloot, W., 1995. Melatonin in edible plants identified by radioimmunoassay and by high performane liquid chromatography-mass spectrometry. *Journal of Pineal Research*, 18(1), 28-31. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.1995.tb00136.x>
- Gaikwad, S. S., Sakhale, B. K., Chavan, R. F., 2020. Effect of 1–MCP concentration, exposure time and storage temperature on post-harvest quality of mango fruit cv. Alphonso. *Food Research*, 4(3), 746-752. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(3\).289](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(3).289)
- García-Pastor, M. E., Serrano, M., Guillén, F., Giménez, M. J., Martínez-Romero D., Valero, D., Zapata, P. J., 2020. 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(1), 145-153. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10007>
- Giovannoni, J., 2001. Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annu. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol.*, 52, 725-749. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.52.1.725>
- Guillén, F., Castillo, S., Zapata, P. J., Martínez-Romero, D., Valero, D., Serrano, M., 2006. Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit: 2. Effect of cultivar and ripening stage at harvest. *Postharvest Biology and Technology*, 42(3), 235-242. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.07.005>
- Han, S., Liu, H., Han, Y., He, Y., Nan, Y., Qu, W., Rao, J., 2020. Effects of calcium treatment on malate metabolism and γ -aminobutyric acid (GABA) pathway in postharvest apple fruit. *Food Chem.*, 334, 127479. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127479>
- Hofman, P. J., Stubbings, B. A., Adkins, M. F., Meiburg, G. F., & Woolf, A. B., 2002. Hot water treatments improve 'Hass' avocado fruit quality after cold disinfestation. *Postharvest Biology and Technology*, 24(2), 183–192. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00131-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00131-4)
- Lelyveld, L. J. Van, & Bower, J. P., 1984. Enzyme reactions leading to avocado fruit mesocarp discoloration. *Journal of Horticultural Science*, 59(2), 257–263. <https://doi.org/10.1080/00221589.1984.11515195>
- Martínez-Romero, D., Serrano, M., Carbonell, A., Burgos, L., Riquelme, F., Valero, D., 2002. Effects of postharvest putrescine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damage in apricot. *J. Food Sci.* 67, 1706-1712. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08710.x>
- 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>
- Munhuweyi, K., Mpai, S., & Sivakumar, D., 2020. Extension of Avocado Fruit Postharvest Quality Using Non-Chemical Treatments. *Agronomy*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy10020212>
- Ozdemir, F., & Topuz, A., 2004. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. *Food Chemistry*, 86(1), 79–83. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.08.012>
- Pandi-Perumal, S. R., Srinivasan, V., Maestroni, G. J. M., Cardinali, D.P., Poeggeler, B., Hardeland, R., 2006. Melatonin- Nature’s most versatile biological signal. *FEBS Journal*, 273 (13), 2813-2838.

- Paniagua, C., Posé, S., Morris, V. J., Kirby, A. R., Quesada, M. A., & Mercado, J. A., 2014. Fruit softening and pectin disassembly: An overview of nanostructural pectin modifications assessed by atomic force microscopy. *Annals of Botany*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu149>
- Pesis, E., Dvir, O., Feygenberg, O., Arie, R.B., Ackerman, M., Lichter, A., 2002. Production of acetaldehyde and ethanol during maturation and modified atmosphere storage of litchi fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 26, 157–165. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00024-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00024-8)
- Pompa, S.S., Molina, R.R., Carbo, A.F.A., Galindo A.S., Garza, H.L., Cantu, D.J., Aguilar C.N., 2009. Edible film based on candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado. *Food Res. Int.*, 42 pp. 511-515. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.02.017>
- Salazar-López, N. J., Domínguez-Avila, J. A., Yahia, E. M., Belmonte-Herrera, B. H., Wall-Medrano, A., Montalvo-González, E., & González-Aguilar, G. A., 2020. Avocado fruit and by-products as potential sources of bioactive compounds. *Food Research International*, 138, 109774. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109774>
- Selvarajah, S., Bauchot, A.D., John, P., 2001. Internal browning in cold-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Technol.* 23, 167–170. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00099-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00099-0)
- 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. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(8), 3240–3246. <https://doi.org/10.1021/jf803949k>
- Setagane, L., Mafeo, T. P., Mathaba, N., & Shikwambana, K., 2021. Mitigation of chilling injury with hot water treatment to improve early-season ‘hass’ avocado (*Persea americana*) fruit peel colour. *Research on Crops*, 22(1), 60–67. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2021.037>
- Sun, Q., Zhang, N., Wang, J., Zhang, H., Li, D., Shi, J., Li, R., Weeda, S., Zhao, B., Ren, S., Guo, Y.D., 2015. Melatonin promotes ripening and improves quality of tomato fruit during postharvest life *Journal of Experimental Botany*, 66, 657-668. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru332>
- Valero, D. y Serrano, M., 2010. *Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality*, CRC Press/Taylor & Francis: Boca Raton, FL, USA. <http://dx.doi.org/10.1201/9781439802670>
- Wang, S.-Y., Shi, X.-C., Wang, R., Wang, H.-L., Liu, F., & Laborda, P., 2020. Melatonin in fruit production and postharvest preservation: A review. *Food Chemistry*, 320, 126642. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126642>
- Woolf, A.B., Cox, K.A., White, A. and Ferguson, I.B., 2003. Low Temperature Conditioning Treatments Reduce External Chilling Injury of “Hass” Avocados. *Postharvest Biology and Technology*, 28, 113-122. [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00178-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00178-3)
- Zentmyer, G.A., 1984. Avocado diseases. *Int. J. Pest Manage.*, 30 pp. 388-444. <https://doi.org/10.1080/09670878409370915>
- Zhai, R., Liu, J.L., Liu, F.X., Zhao, Y.X., Liu, L.L., Fang, C., Wang, H.B., Li, X.Y., Wang, Z.G., Ma, F.W., Xu L.F., 2018. Melatonin limited ethylene production, softening and reduced physiology disorder in pear (*Pyrus communis* L.) fruit during senescence. *Postharvest Biol. Technol.*, 139, 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.01.017>
- Zhao, D., Wang, R., Meng, J., Li, Z., Wu, Y., Tao, J., 2017. Ameliorative effects of melatonin on dark-induced leaf senescence in gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis): Leaf morphology, anatomy, physiology and transcriptome. *Scientific Reports*. 7(1): 10423. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10799-9>
- Zhao, H., Ye, L., Wang, Y., Zhou, X., Yang, J., Wang, J., Cao, K., Zou, Z., 2016. Melatonin increases the chilling tolerance of chloroplast in cucumber seedlings by regulating photosynthetic electron flux and the ascorbate-glutathione cycle. *Frontiers in Plant Science* 7,1814. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01814>