

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



**Tratamientos pre-cosecha con diferentes
elicitores para mejorar el tamaño y la
calidad post-cosecha de cereza (*Prunus
avium* L.)**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Septiembre – 2020

AUTOR: Maria Celeste Ruiz Aracil

DIRECTOR: A. Fabián Guillén Arco



MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

VISTO BUENO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2019/2020

Director del trabajo
Antonio Fabián Guillén Arco

Dan su visto bueno al Trabajo Fin de Máster

Título del Trabajo
Tratamientos pre-cosecha con diferentes elicitors para mejorar el tamaño y la calidad post-cosecha de cereza (<i>Prunus avium</i> L.)
Alumno
Maria Celeste Ruiz Aracil

Orihuela, a 24 de Septiembre de 2020

ANTONIO FABIAN
GUILLEN|ARCOS

Firmado digitalmente por
ANTONIO FABIAN|GUILLEN|
ARCOS
Fecha: 2020.09.24 11:41:16
+02'00'

Firma tutor trabajo



MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Título: Tratamientos pre-cosecha con diferentes elicitores para mejorar el tamaño y la calidad post-cosecha de cereza (*Prunus avium* L.)

Title: Elicitors as preharvest treatment to improve sweet cherry (*Prunus avium* L.) size and postharvest quality

Modalidad (proyecto/experimental): experimental

Type (project/research): Research

Autor/Author: Maria Celeste Ruiz Aracil

Director/es/Advisor: Antonio Fabián Guillén Arco

Convocatoria: Extraordinaria

Month and year: Septiembre 2020

Número de referencias bibliográficas/number of references: 24

Número de tablas/Number of tables:

Número de figuras/Number of figures:9

Número de planos/Number of maps:

Palabras clave (5 palabras): maduración, jasmonato de metilo, ácido oxálico, almacenamiento, recolección.

Keywords (5 words): ripening, methyl jasmonate, oxalic acid, storage, harvest.



MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

RESUMEN (mínimo 10 líneas): Durante el desarrollo precosecha de las cerezas, la pluviometría en momentos clave para el desarrollo de este cultivo expone la producción de este fruto al agrietado de las mismas. Este rajado o cracking de los frutos es uno de los principales problemas de este cultivo, cuyo estudio es complejo debido a la dependencia de numerosos factores de orden genético, fisiológico, climático y agronómico. Además, las cerezas tienen una vida útil muy corta tras la recolección, lo que compromete la comercialización del fruto. La contribución de este trabajo se centra en el uso de tratamientos naturales y sostenibles con el medio ambiente aplicados en las variedades “Prime Giant”, “Early Lowry” y “4-84”, con el objetivo de incrementar la calidad y aportar soluciones a la problemática del rajado de la cereza en el momento de la recolección. La aplicación de elicitores como el jasmonato de metilo (JaMe) 0.5 mM y el ácido oxálico (AO) 2 mM como tratamientos precosecha aplicados en momentos clave del desarrollo, mitigó las limitaciones de calidad de estos frutos. Tras analizar los resultados, comprobamos como los tratamientos en general fueron exitosos a la hora de incrementar el tamaño de los frutos y de mejorar la calidad post-recolección. La respiración y las pérdidas de peso durante el almacenamiento postcosecha fueron reducidos, a la vez que retrasó parámetros como la firmeza de los frutos. Además, ambos compuestos redujeron el índice de agrietado de los frutos. Así, los tratamientos fueron eficaces al elevar los estándares de calidad en el momento de la recolección y en su posterior conservación, por lo que elicitores como el AO y el JaMe a las dosis aplicadas pueden ser considerados como una herramienta eficaz y sostenible para mejorar los atributos de calidad en las cerezas.

ABSTRACT (10 lines or more): During the pre-harvest development of cherries, the rainfall at key moments for the development of this crop exposes the production of this fruit to the cracking of them. This cracking of the fruits is one of the main problems of this crop, whose study is complex due to dependence on numerous factors of genetic, physiological, climatic and agronomic order. In addition, cherries have a very short shelf life after harvest, which compromises the commercialization of the fruit. The contribution of this work focuses on the use of natural and environmentally sustainable treatments applied in varieties “Prime Giant”, “Early Lowry” and “4-84”, with the aim of increasing the quality and providing solutions to the problem of cherry cracking at the time of harvest. The application of elicitors such as methyl jasmonate (MeJa) 0.5 mM and oxalic acid (OA) 2 mM as preharvest treatments applied at key developmental moments, mitigated the quality limitations of these fruits. After analyzing the results, we checked how treatments in general were successful in increasing the size of the fruits and improving post-harvest quality. Respiration and weight loss during postharvest storage were reduced at the same time that parameters such as fruit firmness were delayed. Furthermore, both compounds reduced the cracking rate of the fruits. Thus, the treatments were effective raising quality standards at the time of harvest and in its subsequent preservation, so elicitors like OA and MeJa at applied doses can be considered as an effective and sustainable tool to improve quality attributes in cherries.





Programa Científico

Fecha	24 de septiembre de 2020
9:00-9:15	Ceremonia de Apertura
9:15-10:00	Conferencia Inaugural: La investigación en la Comunidad Valenciana: ayudas disponibles para recién graduados. Dr. Ángel Carbonell (Universidad Miguel Hernández)
Sesión 1	Recursos Fitogenéticos, Mejora y Biotecnología en Producción Vegetal. Moderador: Dr. Pedro Martínez Gómez (CEBAS-CSIC Murcia).
10:00-10:45	Presentaciones Orales
10:00-10:15 S1-O1	Evaluación y selección de la generación BC4 del programa de mejora de la EPSO-UMH para la introducción del gen ty-5. <i>J.A. Cabrera, J.F. Salinas, P. Carbonell, A. Grau, A. Alonso, S. García-Martínez y J.J. Ruiz</i>
10:15-10:30 S1-O2	Evaluación de líneas de mejora de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Muchamiel con resistencia genética a virus y menor carga de ligamiento durante el año 2019. <i>M.E. Sánchez, J.A. Cabrera y S. García-Martínez</i>
10:30-10:45 S1-O3	Recuperación de la variedad de cáñamo (<i>Cannabis sativa</i> L.) cultivada tradicionalmente en la Vega Baja del Segura durante el siglo XX. <i>S. García-Martínez, V. Rodríguez, R. Andreu, M. Valdés, A. Grau y J.J. Ruiz</i>
10:45-11:00	Presentación en Póster
S1-P1	Evaluación de nuevos híbridos de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Muchamiel con resistencia genética a virus. <i>J.F. Salinas, J.A. Cabrera, P. Carbonell, A. Grau, A. Alonso, S. García-Martínez y J.J. Ruiz</i>
S1-P2	Caracterización de variedades tradicionales de tomate tipo Muchamiel. <i>A. Soler, J. F. Salinas, A. Alonso y M. Asunción</i>

S1-P3	<p>Caracterización de distintas variedades tradicionales de tomate tipo Pera.</p> <p><i>M. Asunción, J. F. Salinas, A. Alonso, A. Soler</i></p>
11:00-11:15	Pausa Café
Sesión 2	<p>Horticultura, Citricultura, Fruticultura, Viticultura y Protección de Cultivos.</p> <p>Moderador: Dr. Pablo Melgarejo Moreno (Universidad Miguel Hernández).</p>
11:15-12:30	Presentaciones Orales
11:15-11:30 S2-O1	<p>Estudio de cicadélidos (Hemiptera: Cicadellidae) en cultivos herbáceos y leñosos.</p> <p><i>F. Martín-Pérez, M. Cantó-Tejero, J. Nicolás y P. Guirao</i></p>
11:30-11:45 S2-O2	<p>La incorporación de selenio en la solución nutritiva disminuye la toxicidad del cadmio en plantas de pimiento cultivadas en condiciones hidropónicas.</p> <p><i>R. Pérez-Millán, M. Alfosea-Simón, E.A. Zavala-Gonzalez, F. García-Sánchez, S. Simón-Grao</i></p>
11:45-12:00 S2-O3	<p>Respuestas fisiológicas, nutricionales y metabólicas en plantas de tomate a la aplicación foliar de los aminoácidos Aspártico, Glutámico y Alanina.</p> <p><i>M. Alfosea-Simón, S. Simón-Grao, E. A. Zavala-Gonzalez, J.M. Cámara-Zapata, J.J. Martínez-Nicolás, V. Lidón y F. García-Sánchez</i></p>
12:00-12:15 S2-O4	<p>Características morfológicas del limón (<i>Citrus limon</i>) en cultivos ecológico y convencional.</p> <p><i>M. Aguilar-Hernández, F. Hernández, J. Pastor y P. Legua</i></p>
12:15-12:30 S2-O5	<p>Gestión integrada de mosca blanca (<i>Paraleyrodes minei</i>) y mosca algodonosa (<i>Aleurothrixus floccosus</i>) en naranja Navelina.</p> <p><i>J.S. Andrade-Macas y P.J. Zapata</i></p>
12:30-12:40	Presentación en Póster
S2-P1	<p>Influencia de la compacidad del racimo en uva Monastrell sobre la calidad final del vino.</p> <p><i>S. Soriano-Filiu, J. Medina-Santamarina, J. Piernas-Párraga, M.E. García-Pastor, M.J. Giménez, y P. J. Zapata</i></p>
S2-P2	<p>Ácido oxálico como herramienta precosecha para mejorar la calidad de Uva Monastrell para vinificación.</p> <p><i>J. Piernas, M.E. García-Pastor, J. Medina-Santamarina, S. García,</i></p>

	<i>P.J. Zapata</i>
Sesión 3	Agricultura Sostenible. Cambio Climático y Estreses Ambientales. Moderador: Dra. María Jesús Pascual Villalobos (IMIDA Murcia).
12:45-14:15	Presentaciones Orales
12:45-13:00 S3-O1	Estrategias de reducción de agua de riego en producción de aceite de oliva. <i>J. M. García-Garvía, J. Clemente-Villalba, L. Sánchez-Rodríguez y A. A. Carbonell-Barrachina</i>
13:00-13:15 S3-O2	Cómo entienden los consumidores el concepto de sostenibilidad. <i>P. Sánchez-Bravo, E. Sendra, D. López y Á. A. Carbonell-Barrachina</i>
13:15-13:30 S3-O3	Etnobotánica, contribución al Desarrollo Sostenible de una zona rural. Ejemplo de aplicación en Casasimarro (Cuenca) y pueblos de alrededor. <i>J.V. Mondejar Peñaranda y C. Obón de Castro</i>
13:30-13:45 S3-O4	Resultados preliminares de los efectos del uso de hidromulch en escarola (<i>Cichorium endivia</i>). <i>M. Romero-Muñoz, F.M. del Amor, A. Albacete y J. López-Marín</i>
13:45-14:00 S3-O5	Termotolerancia en el cultivo de la coliflor: influencia de la aplicación exógena de arginina en compuestos fenólicos y las poliaminas. <i>J. Collado-González, M.C. Piñero, G. Otálora, J. López-Marín, J. M. Gambín, M. Marín, J. Sáez-Sironi, F.M. del Amor</i>
14:00-14:15 S3-O6	Respuestas fisiológicas y morfológicas al exceso de boro en la solución nutritiva de diferentes variedades de tomate. <i>S. Simón-Grao, F.J. Alfosea-Simón, L. Larrosa-Gilabert, M. Alfosea-Simón, I. Simon, F. García-Sánchez</i>
14:15-14:30	Presentación en Póster
S3-P1	Propuesta metodológica de análisis del carácter sostenible-resiliente de agrosistemas andinos: caso kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i> L.) en Perú. <i>L. Miranda, I. Marques y J. Huillca-Quispe</i>
S3-P2	Estudio de los impactos ambientales en la zona de influencia del volcán Tungurahua (Ecuador). <i>L. Carrera-Beltrán, V. H. Valverde, I. Gavilanes-Terán, J. Idrovo-Novillo, V. Morales-Cruz, E. Erazo-Macas, C. Paredes y A.A.</i>

	<i>Carbonell-Barrachina</i>
S3-P3	El estrés por alta temperatura modifica el color y la composición mineral de la coliflor (<i>Brassica oleracea</i> L. var. Botrytis) tratada con espermidina. <i>J. Collado-González, M. C. Piñero, G. Otálora, J. López-Marín, R., A. Gálvez, F. M. del Amor.</i>
14:30-16:00	Pausa Comida
Sesión 4	Producción, Bienestar, Genética y Calidad en la Producción Animal. Moderador: Dra. Ana Martí de Olives (Universidad Miguel Hernández).
16:00-16:45	Presentaciones Orales
16:00-16:15 S4-O1	Fenoles totales y capacidad antioxidante de leche de cabra: efecto de la alimentación del ganado con ensilados de brócoli y planta de alcachofa <i>M. Romo, R. Muelas, J.R. Díaz-Sánchez, G. Romero y E. Sendra</i>
16:15-16:30 S4-O2	Uso de subproducto de brócoli y alcachofa ensilados en dietas de caprino lechero: efecto en el suero de quesería. <i>J. Martín Lobo, J.R. Díaz Sánchez, G. Romero, P. Monllor, R. Muelas y E. Sendra</i>
16:30-16:45 S4-O3	Estudio de supervivencia de dos líneas de conejo seleccionadas divergentemente por variabilidad del tamaño de camada al parto. <i>I. Aqea, M.L. García y M.J. Argente</i>
Sesión 5	Instalaciones Industriales y Agrícolas. Moderador: Dr. José Miguel Molina Martínez (Universidad Politécnica de Cartagena).
16:45-17:15	Presentaciones Orales
16:45-17:00 S5-O1	Estudio de variables de influencia en el ensayo de Limitación de Velocidad para Ciclomotor de 2 ruedas (L1/L1e) en condiciones estáticas, de aplicación para Estaciones ITV. <i>M.M. Paricio-Caño y M. Ferrández-Villena</i>
17:00-17:15 S5-O2	<i>Listeria spp.</i> en superficies alimentarias en el ámbito doméstico: presencia y métodos de desinfección. <i>C. Martínez-Giner y E. Sendra</i>
	Presentación en Póster (al final de la sesión 6)
S5-P1	Prototipo de estación meteorológica de bajo coste y mínimo consumo

	<p>con plataforma de gestión de datos en la nube.</p> <p><i>C. Molina-Cabrera, A. Ruiz-Canales, J.M. Molina-Martínez, J.J. Pérez-Solano, J.M. Oates</i></p>
Sesión 6	<p>Gestión del Agua, Nutrición y Energía en Horticultura. Moderador: Dr. José Miguel Molina Martínez (Universidad Politécnica de Cartagena).</p>
17:15-17:45	Presentaciones Orales
17:15-17:30 S6-O1	<p>Caracterización de una cuenca hidrográfica y diseño de las infraestructuras necesarias para aplicar las esorrentías generadas mediante riego subterráneo.</p> <p><i>A. Carrión-Antolí, V. Martínez-Álvarez y J.F. Maestre-Valero</i></p>
17:30-17:45 S6-O2	<p>Plataforma integral para el control de explotaciones agrícolas mediante monitorización de parámetros agronómicos y control de la programación de riego.</p> <p><i>M. Soler-Méndez, L. Ávila-Dávila, D. Parras-Burgos, D. Intrigliolo-Molina y J. M. Molina-Martínez</i></p>
17:45-17:55	Presentación en Póster Sesión 5 y Sesión 6
S6-P1	<p>Estimación de la lluvia efectiva mediante utilización de lisimetría de pesada.</p> <p><i>L. Ávila-Dávila, M. Soler-Méndez, D. Escarabajal-Henarejos y J.M. Molina-Martínez</i></p>
17:55-18:15	Pausa Café
Sesión 7	<p>Usos del Territorio. Valoración de Recursos Agrarios. Desarrollo Rural. Moderador: Dra. María Ángeles Fernández Zamudio (IVIA-Valencia).</p>
18:15-19:30	Presentaciones Orales
18:15-18:30 S7-O1	<p>Estrategias de medios de vida de las explotaciones ganaderas extensivas de las comarcas del Pallars (Cataluña).</p> <p><i>A. Lecegui, A.M. Olaizola, F. López-i-Gelats, B. Vidal y E. Varela</i></p>
18:30-18:45 S7-O2	<p>Caracterización edafológica de los suelos de la Denominación de Origen Protegida Granada Mollar de Elche.</p> <p><i>R. Castejón, E. Martínez-Sabater, M. A. Molina y C. Paredes</i></p>
18:45-19:00 S7-O3	<p>Caracterización de la fibra dietética de frambuesa.</p> <p><i>L. Sánchez-Martínez, V. Núñez-Gómez, N. Baenas, R. González-Barrio, F.J. García-Alonso y M.J. Periago</i></p>
19:00-19:15	Población y valor productivo de la quinoa peruana: relación y

S7-04	perspectivas en el acceso al superalimento. <i>J. Huillca-Quispe, B. Segura y L. Miranda</i>
S7-05 19:15-19:30	<i>Diplotaxis eruroides</i> , como nuevo ingrediente culinario. <i>J. Clemente-Villalba, D. Ariza, J. M. García-Garvía, H. Issa-Issa, P. Sánchez-Bravo, L. Lipan, Marina Cano-Lamadrid, Luis Noguera-Artiaga, F. Hernández, Á. A. Carbonell-Barrachina</i>
Sesión 8	Economía Agraria y Gestión de Empresas. Moderador: Dra. María Ángeles Fernández Zamudio (IVIA-Valencia).
19:30-20:00	Presentaciones Orales
19:30-19:45 S8-01	El papel de la tecno-educación de las mujeres en la sostenibilidad Agroalimentaria. <i>H. Kerras, J.L. Sanchez Navarro, E.I. López Becerr y M.D. de-Miguel Gómez</i>
19:45-20:00 S8-02	La gestión sostenible de los agroecosistemas: ¿Qué y quiénes? <i>J. A. Zabala</i>
20:00-20:15 S8-03	Evaluación de medidas de seguridad en el suministro de agua de riego. El caso de la comunidad de regantes de Santaella. <i>V. Martínez García</i>
Fecha	25 de septiembre de 2020
Sesión 9	Gestión y Valorización de Residuos Orgánicos en la Agricultura. Moderador: Dra. Aurelia Pérez Espinosa (Universidad Miguel Hernández).
9:00-10:15	Presentaciones Orales
9:00-9:15 S9-01	Valorización del extrusionado de frambuesa residual: Extracción de compuestos de alto valor añadido y digestión anaerobia <i>A. Trujillo-Reyes, C. Paredes y F.G. Feroso</i>
9:15-9:30 S9-02	Situación del sector agrícola y ganadero en pequeñas poblaciones de la provincia de Chimborazo (Ecuador). El caso de la parroquia de San Andrés. <i>V.H. Valverde, I. Gavilanes-Terán, L. Carrera-Beltrán, S. Buri-Tanguila, K. Salazar-García, A.A. Carbonell-Barrachina y C. Paredes.</i>
9:30-9:45 S9-03	Análisis y evaluación actual del abono tipo bocashi como alternativa ecológica ante los agroquímicos. <i>J. Moneva y C. Paredes</i>

9:45-10:00 S9-O4	Elaboración de abono orgánico con residuos domésticos de alimentos separados en sitio y tratados con microorganismos efectivos EM1®. <i>G.I. Díaz Tolentino y M.J. López</i>
10:00-10:15 S9-O5	Elaboración de cerveza artesana de naranja con subproductos de la industria. <i>N. Sirvent-Pérez, M.J. Giménez, P.J. Zapata</i>
Sesión 10	Procesado e Innovación en Productos de Origen Animal. Moderador: Dr. José Ángel Pérez Álvarez (Universidad Miguel Hernández).
10:15-10:30	Presentaciones Orales
10:15-10:30 S10-O1	Métodos experimentales para inactivación de anisakis en subproductos de pescado. <i>C. Rodríguez, L. Noguera-Artiaga y J. M. Valverde</i>
10:30-10:40	Presentación en Póster
S10-P1	Caracterización química y físico-química de aceites extraídos de diferentes insectos comestibles. <i>C.M. Botella-Martínez, J. Fernández-López, J.A. Pérez-Álvarez y M. Viuda-Martos</i>
S10-P2	Incorporación de fracciones ricas en fibra de quínoa a modelos cárnicos. <i>M.T. Valero Asencio, A. Roldán Verdú, C. Navarro-Rodríguez de Vera, J.A. Pérez-Álvarez, E. Sayas-Barberá</i>
10:40-11:15	Pausa Café
Sesión 11	Postcosecha y procesado de productos vegetales. Moderador: Dr. Daniel Valero Garrido (Universidad Miguel Hernández).
11:15-14:15	Presentaciones Orales
11:15-11:30 S11-O1	Ensalada mezclada (canónigos, escarola y radicchio): popularidad entre los consumidores y evolución de su calidad funcional en refrigeradores domésticos. <i>J.M. Lorente, C. Manzanera, J.M. Valverde, M. Serrano y M.T. Pretel.</i>
11:30-11:45 S11-O2	Componentes de calidad sensorial, caracterización físico-química y funcional de la granada Mollar de Elche (<i>Punica granatum</i> L.). <i>A. Dobón Suárez, M. E. García Pastor, A. M. Codes Alcaraz, S. Castillo García</i>

11:45-12:00 S11-03	<p>La aplicación en campo de jasmonato de metilo incrementa la calidad y reduce la pudrición por <i>Botrytis cinerea</i> en uva de mesa durante su almacenamiento postcosecha.</p> <p><u>M.E. García-Pastor</u>, M. Serrano, D. Valero, F. Guillén y P.J. Zapata</p>
12:00-12:15 S11-04	<p>Los tratamientos con salicilatos estimulan la respuesta sistémica inducida en la uva de mesa 'Crimson' y 'Magenta'</p> <p><u>A. Belda</u>, M.E. García-Pastor, D. Valero y M. Serrano</p>
12:15-12:30 S11-05	<p>Efecto de los tratamientos con melatonina durante el desarrollo de la cereza en el árbol sobre su calidad en post-recolección.</p> <p><u>L. Serrano</u>, A. Carrión-Antolí, J.M. Lorente, M. Serrano y D. Valero</p>
12:30-12:45 S11-06	<p>Cambios en los compuestos bioactivos durante la conservación de la granada 'Mollar de Elche' a 10 y 2 °C.</p> <p><u>I. Pagán-Navarro</u>, J.M. Lorente, D. Valero, M. Serrano</p>
12:45-13:00 S11-07	<p>Influencia de las condiciones agronómicas y climáticas sobre la calidad del limón 'Fino' para su conservación postcosecha.</p> <p><u>S. Pardo-Pina</u>, R. Díaz-Puertas, A. Díaz, V. Serna-Escolano y P.J. Zapata</p>
13:00-13:15 S11-08	<p>Estudio de los cambios fisiológicos durante la maduración de las variedades de limón 'Eureka', 'Fino' y 'Verna'.</p> <p><u>R. Díaz-Puertas</u>, S. Pardo-Pina, A. Díaz, V. Serna-Escolano y P.J. Zapata</p>
13:15-13:30 S11-09	<p>Influencia de la variedad y zona geográfica del cultivo en la calidad del limón para su comercialización.</p> <p><u>A. Díaz</u>, R. Díaz-Puertas, S. Pardo-Pina, V. Serna-Escolano y P.J. Zapata</p>
13:30-13:45 S11-010	<p>Tratamientos pre-cosecha con elicitores para mejorar la producción y la calidad post-cosecha de cereza (<i>Prunus avium</i> L.)</p> <p><u>C. Ruiz-Aracil</u>, J.M. Lorente-Mento, L. Raducán y F. Guillén</p>
13:45-14:00 S11-011	<p>Aplicación de tratamientos post-cosecha para incrementar la calidad y reducir los daños por frío en calabacín (<i>Cucurbita pepo</i> L.).</p> <p><u>J. Medina-Santamarina</u>, M. Serrano, S. Castillo, D. Martínez-Romero y F. Guillén</p>
14:00-14:15 S11-012	<p>Aplicación en precosecha de ácido oxálico para mejorar la calidad de uva durante su almacenamiento en frío.</p> <p><u>E. Contreras-García</u>, M.E. García-Pastor y P.J. Zapata</p>

14:15-14:35	Presentación en Póster
S11-P1	<p>Evolución de la calidad microbiológica y organoléptica de la ensalada de iv gama “gourmet” (canónigos, escarola y Radicchio) en los refrigeradores domésticos.</p> <p><i>C. Manzanera, J.M. Lorente, J.M. Valverde, M. Serrano y M.T. Pretel.</i></p>
S11-P2	<p>Obtención de gajos de cítricos ecológicos mediante pelado enzimático. Una alternativa sostenible para el consumo de conveniencia.</p> <p><i>M.T. Pretel, J.P. López, M.C. Martínez y M. Serrano</i></p>
S11-P3	<p>Incremento de la vida útil en almacenamiento refrigerado de limón ‘Fino’ por la aplicación precosecha de ácido oxálico.</p> <p><i>V. Serna-Escolano, D. Martínez-Romero, J.M. Valverde, M. Serrano y P.J. Zapata</i></p>
S11-P4	<p>Efecto de diferentes tratamientos de pasteurización sobre la calidad de gajos de clementina ecológica en V gama.</p> <p><i>J.P. López, M.C. Martínez, M. Serrano y M.T. Pretel</i></p>
14:35-16:00	Pausa Comida
Sesión 12	Alimentación Funcional, Calidad Sensorial y Salud. Moderador: Dra. Cristina García Viguera (CEBAS-CSIC, Murcia).
16:00-18:15	Presentaciones Orales
16:00-16:15 S12-O1	<p>Importancia del concepto hidroSOstenible en almendras tostadas en consumidores de diferentes regiones geográficas.</p> <p><i>C. Teruel Andreu, L. Lipan y Á.A. Carbonell-Barrachina</i></p>
16:15-16:30 S12-O2	<p>Desarrollo de un Check-List como herramienta para verificar el autocontrol del sistema de inocuidad en una empresa de distribución alimentaria.</p> <p><i>M.A. Pastor, P. Corraliza y J.M. Valverde</i></p>
16:30-16:45 S12-O3	<p>Desarrollo e implantación de un plan de acción frente al COVID-19 en los supermercados de la empresa Musgrave España SA.</p> <p><i>A. Gelardo, P. Corraliza, L. Noguera-Artiaga y J.M. Valverde</i></p>
16:45-17:00 S12-O4	<p>Aprovechamiento de desechos generados en la industria de la aceituna rellena para la elaboración de nuevos productos alimenticios.</p> <p><i>I. Pagán-Turpin, M.E. Garcia-Pastor, M.J. Giménez y P. J. Zapata</i></p>
17:00-17:15 S12-O5	<p>Modelos de digestión <i>in vitro</i> y su aplicación para evaluar alimentos funcionales: espaguetis enriquecidos con harina de</p>

	caqui. <i>R. Lucas-González, J.A. Pérez-Álvarez, M. Viuda-Martos y J. Fernández-López</i>
17:15-17:45	Pausa Café
17:45-18:00 S12-O6	Efecto del riego deficitario controlado sobre el perfil de compuestos bioactivos de aguacate. <i>M. Rabasco, L. Lipan, A. Nems, H. Issa-Issa, V. H. Durán-Zuazo, I.F. García-Tejero, A. Carbonell-Barrachina</i>
18:00-18:15 S12-O7	Formación de catabolitos colónicos a partir de frambuesa y sus fracciones de fibra dietética. <i>V. Núñez-Gómez, R. González-Barrio, P. Campos-Cava, N. Baenas, L. Sánchez-Martínez, F.J. García-Alonso, M.J. Periago</i>
18:15-18:30	Presentación en Póster
S12-P1	Influencia del tiempo de fermentación y digestión gastrointestinal in vitro en la viabilidad de <i>Lactobacillus plantarum</i> y <i>Bifidobacterium longum</i> en bebidas de quinoa roja. <i>D. Cerdá-Bernad, E. Valero-Cases, M.J. Frutos</i>
S12-P2	Propiedades antioxidantes, caracterización química y perfil de ácidos grasos de dos cultivares de <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill. En condiciones homogéneas de cultivo. <i>L. Andreu-Coll, A.A. Carbonell-Barrachina, E. Sendra, D. López-Lluch, A. Amoros, M. S. Almansa, F. Hernández y P. Legua</i>
S12-P3	Crisis sanitarias/alimentarias: efectos en la industria agroalimentaria y cambios de legislación. <i>L. Morero-Sarrión, A. Roldán Verdú, E. Sayas-Barberá, C. Navarro-Rodríguez de Vera</i>
18:30-19:00	Ceremonia de Clausura

Tratamientos precosecha con diferentes elicitores para mejorar el tamaño y la calidad postcosecha de cereza (*Prunus avium* L.)

M.C. Ruiz-Aracil¹, J.M. Lorente-Mento², L. Raducán¹, F. Guillén¹

¹Departamento Tecnología Agroalimentaria. EPSO, Universidad Miguel Hernández. Carretera de Beniel Km 3,2 03312 Orihuela, Alicante. E-mail: maria.ruiz61@goumh.umh.es

²Departamento Biología Aplicada. EPSO, Universidad Miguel Hernández. Carretera de Beniel Km 3,2 03312 Orihuela, Alicante.

Resumen

Durante el desarrollo precosecha de las cerezas, la pluviometría en momentos clave para el desarrollo de este cultivo expone la producción de este fruto al agrietado de las mismas. Este rajado o cracking de los frutos es uno de los principales problemas de este cultivo, cuyo estudio es complejo debido a la dependencia de numerosos factores de orden genético, fisiológico, climático y agronómico. Además, las cerezas tienen una vida útil muy corta tras la recolección, lo que compromete la comercialización del fruto. La contribución de este trabajo se centra en el uso de tratamientos naturales y sostenibles con el medio ambiente aplicados en las variedades “Prime Giant”, “Early Lory” y “4-84”, con el objetivo de incrementar la calidad y aportar soluciones a la problemática del rajado de la cereza en el momento de la recolección. La aplicación de elicitores como el jasmonato de metilo (JaMe) 0.5 mM y el ácido oxálico (AO) 2 mM como tratamientos precosecha aplicados en momentos clave del desarrollo, mitigó las limitaciones de calidad de estos frutos. Tras analizar los resultados, comprobamos como los tratamientos en general fueron exitosos a la hora de incrementar el tamaño de los frutos y de mejorar la calidad post-recolección. La respiración y las pérdidas de peso durante el almacenamiento postcosecha fueron reducidos, a la vez que retrasó parámetros como la firmeza de los frutos. Además, ambos compuestos redujeron el índice de agrietado de los frutos. Así, los tratamientos fueron eficaces al elevar los estándares de calidad en el momento de la recolección y en su posterior conservación, por lo que elicitores como el AO y el JaMe a las dosis aplicadas pueden ser considerados como una herramienta eficaz y sostenible para mejorar los atributos de calidad en las cerezas.

Palabras clave: maduración, jasmonato de metilo, ácido oxálico, almacenamiento, recolección.

Elicitors as preharvest treatment to improve sweet cherry (*Prunus avium* L.) size and postharvest quality

Abstract

During the preharvest development of cherries, the rainfall at key moments for the development of this crop exposes the production of this fruit to the cracking of them. This cracking of the fruits is one of the main problems of this crop, whose study is complex due to dependence on numerous factors of genetic, physiological, climatic and agronomic order. In addition, cherries have a very short shelf life after harvest, which compromises the commercialization of the fruit. The contribution of this work focuses on the use of natural and environmentally sustainable treatments applied in varieties “Prime Giant”, “Early Lory” and “4-84”, with the aim of increasing the quality and providing solutions to the problem of cherry cracking at the time of harvest. The application of elicitors such as methyl jasmonate (MeJa) 0.5 mM and oxalic acid (OA) 2 mM as preharvest treatments applied at key developmental moments, mitigated the quality limitations of these fruits. After analyzing the results, we checked how treatments in general were successful in increasing the size of the fruits and improving post-harvest quality. Respiration and weight loss during postharvest storage were reduced at the same time that parameters such as fruit firmness were delayed. Furthermore, both compounds reduced the cracking rate of the fruits. Thus, the treatments were effective raising quality standards at the time of harvest and in its subsequent preservation, so elicitors like OA and MeJa at applied doses can be considered as an effective and sustainable tool to improve quality attributes in cherries.

Keywords: ripening, methyl jasmonate, oxalic acid, storage, harvest.

Introducción

La zona de producción donde se cultivan las cerezas protegidas por la IGP “Cerezas de la Montaña de Alicante” posee unas características agroclimáticas específicas para el cultivo del cerezo con precipitación media anual entre 350 y 650mm. Estas características agroclimáticas provocan precocidad en el fruto, dando lugar a una cereza excepcional. Sin embargo, un elevado número de precipitaciones en la zona del cultivo suele afectar al rajado de las cerezas especialmente si estas se producen en estadios del fruto cercanos a la cosecha. El rajado del fruto es uno de los problemas más importantes en la industria de la cereza y su aparición provoca importantes pérdidas económicas. Las cerezas son frutos altamente perecederos y con vida útil reducida tras la recolección. La pérdida de calidad se debe fundamentalmente a cambios en los atributos sensoriales como acidez, firmeza, cambios de color y la aparición de podredumbres de tipo fúngico (Serrano et al., 2009; Serradilla et al., 2010). Ante esta problemática, en los últimos años se han realizado tratamientos post-recolección para conservar la calidad e incrementar su vida comercial, teniendo en cuenta no solo sus propiedades organolépticas y nutritivas sino también su contenido en compuestos bioactivos con beneficio para la salud. Esto ha constituido un tema de estudio de gran importancia entre los investigadores que trabajan en fisiología y post-recolección. En este estudio, se plantea la investigación de los tratamientos pre-recolección con nuevos compuestos naturales y sostenibles para controlar el proceso de maduración en el árbol y en la post-recolección del fruto, y determinar su efecto sobre el cracking o agrietado de los frutos, así como sobre los parámetros de calidad, propiedades antioxidantes e inducción de mecanismos de defensa frente a enfermedades fúngicas.

En los últimos años se están realizando investigaciones con compuestos innovadores que tienen efectos sobre el proceso de desarrollo de los frutos en la planta. En este sentido, los jasmonatos, entre los que se incluyen el ácido jasmónico y su éster metílico el jasmonato de metilo (JaMe), inducen la maduración tanto en frutos climatéricos como no climatéricos (Peña-Cortés et al., 2004). Además, son compuestos que se encuentran de forma natural en las plantas. Así, tratamientos con JaMe durante distintas fases del crecimiento del fruto aceleran la maduración e incrementan el peso, la firmeza y el color rojo. Otro efecto positivo de la aplicación de jasmonatos es la reducción de los daños por frío en frutos como granada (Sayyari et al., 2011) y níspero (Cai et al., 2011). Además, se ha comprobado que tratamientos en el campo con JaMe estimulan la acumulación de compuestos bioactivos en frutos, tal como resveratrol en fresa (Wang et al., 2007), flavonoides en frambuesa (Wang y Zheng, 2005) y antocianinas en moras (Wang et al., 2008). Estos últimos autores mostraron que los extractos de moras tratadas con JaMe reducían la proliferación de células cancerosas e inducían su apoptosis. Tratamientos post-recolección con JaMe inducen incrementos de ácido ascórbico en níspero (Cai et al., 2011), y de la actividad antioxidante de fresas y moras (Chanjirakul et al., 2007). No obstante, el efecto más documentado de los jasmonatos es su papel en inducir los mecanismos de defensa en la planta frente a bacterias, hongos y herbívoros (Peña-Cortés et al., 2004). Sin embargo, los estudios realizados con JaMe aplicado en cerezos son escasos. El tratamiento con JaMe tres días antes de la recolección controlaba las podredumbres causadas por *Monilinia fructicola* (Yao y Tian, 2005) debido a la inducción de los sistemas de defensa, que incluyen las enzimas β -1,3-glucanasa, fenilalanina amonía liasa (PAL) y peroxidasa (POD). En los últimos años Castillo et al. (2015), comprobaron que el JaMe podría adelantar o retrasar la recolección de las cerezas dependiendo de la dosis aplicada.

Por otro lado, el ácido oxálico (AO) es un ácido orgánico que se encuentra de forma natural en plantas, animales y hongos jugando un papel específico en cada uno de estos seres vivos. En el caso de los vegetales, se ha relacionado el AO con la resistencia sistémica, al igual que los compuestos anteriores, e incluso se ha postulado como un antioxidante natural que juega un papel importante inhibiendo los procesos de oxidación (Kayashima y Katayama, 2002). El ácido oxálico se utiliza desde finales del siglo XX en toda Europa para el control de ácaros en las colmenas productoras de miel, tanto en producción como durante el invierno (Nanetti et al., 2003; Toomemaa et al., 2010). Además, se utiliza en producción de miel ecológica por lo que queda constatado su uso actual de forma sostenible. Los tratamientos post-recolección con AO ralentizan el proceso de maduración en frutos climatéricos inhibiendo la síntesis de etileno y reduciendo las podredumbres, así como en frutos no climatéricos como granada, en el cual se encontró también un efecto del AO incrementando la actividad

antioxidante y el contenido en compuestos bioactivos de los arilos (Zheng et al., 2007; Sayyari et al., 2010). Existen pocas evidencias del uso del AO como tratamiento en pre-recolección en los frutos, en cereza sólo existen pocos estudios (Martínez-Esplá et al., 2014; Giménez et al., 2019) en los que se observaron el efecto positivo en el incremento tanto sobre las producciones de cereza obtenidas como en la actividad antioxidante. Los compuestos evaluados incrementaron la firmeza de los frutos en las variedades aplicadas a través de un mayor nivel de compuestos antioxidantes que disminuirían la oxidación de las paredes celulares incrementando la integridad celular (Martínez-Esplá et al., 2014; Castillo et al., 2015), por lo que consecuentemente estos compuestos podrían reducir el rajado de los frutos en el momento de la cosecha. Sin embargo, en la actualidad no existe ningún estudio en el que se haya evaluado si estos compuestos son capaces de afectar positivamente sobre uno de los mayores problemas que tiene la producción de cereza: el rajado o cracking, especialmente en zonas donde las lluvias se manifiestan en periodos cercanos a la recolección como es el caso de las cerezas de la montaña de Alicante. El objetivo de este estudio es por tanto evaluar el efecto que tienen los tratamientos precosecha con elicitores como el JaMe y el AO sobre la calidad de las cerezas en la recolección y determinar qué efecto tiene su uso sobre el rajado o cracking de las mismas.

Material y Métodos

Este estudio se ha realizado durante el ciclo de producción de la primavera de 2019 en la finca experimental de la IGP “Cerezas de la montaña de Alicante” situada en Patró (Alicante). Mediante pulverización foliar se aplicó jasmonato de metilo (JaMe) 0.5 mM en cerezas *Prunus avium* L. tempranas de la variedad Prime Giant (PG) y Early Lory (EL). A su vez se aplicó ácido oxálico (AO) 2 mM en cerezas tardías de la variedad 4-84. La distribución fue en bloques de 5 árboles al azar y las aplicaciones foliares (3 L/árbol) se realizaron en tres momentos clave del desarrollo del fruto en tres lotes por dosis aplicada de 10 árboles cada uno. Para el estudio se estableció un total de cuatro lotes: un lote control donde los árboles no recibieron tratamiento, un lote que fue tratado al inicio del endurecimiento del hueso (T1), otro lote que se trató en el endurecimiento del hueso y además recibió un segundo tratamiento con el inicio de los cambios de color (T2). Finalmente, en un tercer lote de 10 árboles se aplicó JaMe o AO en el endurecimiento del hueso, coincidiendo con los cambios de color y en el inicio de la maduración (T3). Con este diseño experimental tratamos de dilucidar cuántas deberían de ser las aplicaciones de estos compuestos a realizar en precosecha para conseguir un efecto positivo.

El diámetro de los frutos fue evaluado mediante un pie de rey en el eje ecuatorial del fruto. Se realizó una medida en las distintas 20 cerezas marcadas en el árbol en el control y por cada tratamiento.

El agrietado de los frutos durante el periodo precosecha se evaluó mediante el conteo en el árbol de estos mismos 20 frutos etiquetados, localizados alrededor del perímetro de los árboles. Además, en el momento de la cosecha se evaluó el índice de agrietamiento a través de inmersiones en agua de 100 frutos sin agrietar de cada uno de los tres distintos lotes de cada tratamiento y variedad, así como para el lote control, siguiendo la metodología descrita por Christensen (1996).

Una vez recolectados los frutos en su madurez comercial, determinada por los técnicos de la finca, se almacenaron en refrigeración por día de muestreo 3 muestras de 10 cerezas por lote y día de muestreo. Todos los frutos se almacenaron a 2°C con una humedad relativa del 90% y fueron evaluados tras 0, 7, 14 y 21 días de almacenamiento con el objetivo de evaluar su vida útil. La respiración se determinó mediante sistema estático por triplicado; el peso y la firmeza se determinaron individualmente en cada cereza. El color se determinó por triplicado en cada fruto utilizando un colorímetro Minolta CR-300 y el contenido en compuestos fenólicos se evaluó en muestras homogéneas de cada lote por triplicado (n=6). Para una información más detallada, los procesos analíticos están descritos por Serrano et al. (2009). En este estudio se ha utilizado un diseño completamente aleatorio. Las diferencias entre los distintos tratamientos se han estudiado mediante análisis de la varianza. Cuando las diferencias mostradas por las distintas muestras han resultado ser significativas, las medias se han separado mediante la prueba de Tukey. Todos los análisis se han realizado con el Software SPSS v. 12.0.

Resultados y Discusión

Los tratamientos con JaMe 0,5mM incrementaron el diámetro de forma significativa y con ello el volumen de la cereza, siendo necesario un sólo tratamiento en el momento del endurecimiento del hueso para la variedad EL, que alcanzó un diámetro similar aplicando el tratamiento de forma múltiple. De forma contraria para la variedad PG, el mayor diámetro y con ello los mayores niveles de peso del fruto en la cosecha se alcanzaron cuando esta variedad fue tratada en 3 ocasiones (endurecimiento del hueso, cambios de color e inicio de la maduración). De forma similar a la variedad PG y EL aumentaron especialmente su diámetro a lo largo de su desarrollo en el árbol, cuando aplicamos JaMe 0,5mM mediante la realización de tres aplicaciones en los momentos críticos comentados anteriormente (Figura 1). Este hecho daría lugar a un incremento en el rendimiento de las producciones, experimentando una incidencia positiva especialmente cuando se aplicaron los tres tratamientos en el árbol. Pese a que en general todos los tratamientos tuvieron un efecto positivo a la hora de incrementar el tamaño de las cerezas en todas las variedades, entre una y dos aplicaciones de JaMe o AO fueron suficientes para que se alcanzaran las mayores producciones en cerezas EL y 4-84.

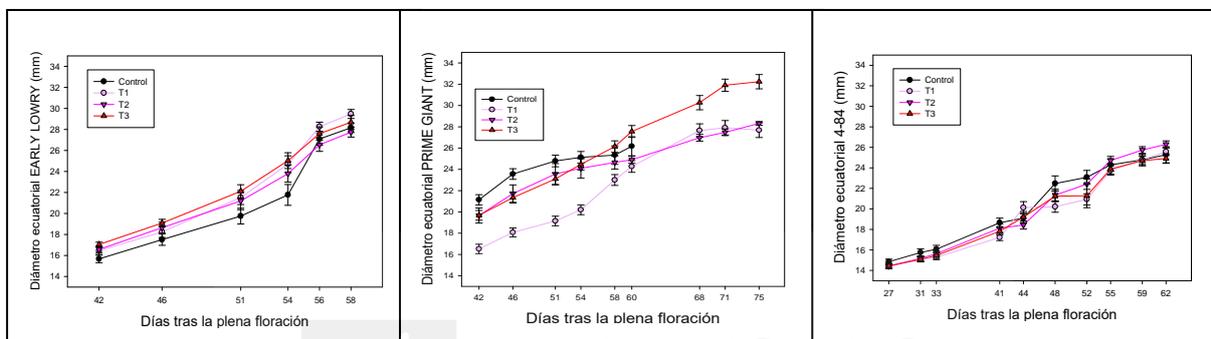


Figura 1. Evolución del diámetro (mm) de los frutos en cerezas controles y tratadas en precosecha con distinto número de aplicaciones (T1, T2, T3) con JaMe 0,5mM (EL y PG) y AO 2mM (4-84) tras 42 días (PG y EL) y 27 días (4-84) desde la plena floración de los frutos.

Los tratamientos con JaMe redujeron la respiración en las dos variedades de cereza (EL y PG) en el momento de la recolección comercial y se mantuvieron a lo largo del almacenamiento en postcosecha, constatando así el menor metabolismo y senescencia de estos frutos con respecto a los frutos controles (Figura 2). La reducción de la respiración en los frutos tratados se observó con la aplicación de tan sólo dos tratamientos en precosecha: endurecimiento del hueso (T1) e inicio de los cambios de color (T2).

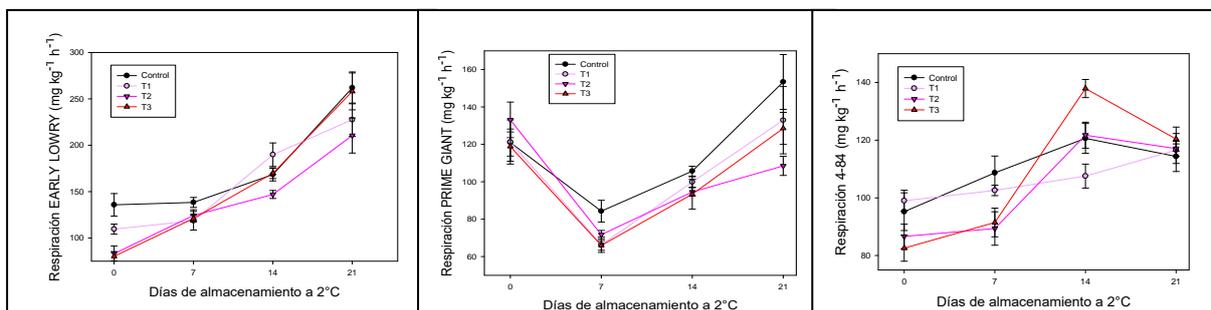


Figura 2. Evolución de la respiración ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de los frutos en cerezas controles y tratadas en precosecha con distinto número de aplicaciones (T1, T2, T3) con JaMe 0,5mM (EL y PG) y AO 2mM (4-84) durante su almacenamiento a 2°C.

Esta disminución de la respiración en los frutos tratados con JaMe, pudo ser debida a un menor metabolismo celular que conllevaría un retraso en el proceso de senescencia (García-Pastor et al., 2019). Por otro lado, los tratamientos con AO también retrasaron la respiración de los frutos. Este retraso se ha observado en otros estudios cuando se ha aplicado este compuesto en precosecha tanto en otras variedades de cereza como en granada (Sayyari et al., 2010; Valero et al., 2011).

En cuanto a las pérdidas de peso durante el almacenamiento postcosecha, los resultados fueron dependientes de la variedad al igual que en otros parámetros. Además, mientras que en las variedades de cereza tratadas con JaMe 0.5 mM se observó un efecto positivo en la reducción de las pérdidas de peso, estas no se vieron afectadas significativamente cuando se aplicaron tratamientos con AO en la variedad 4-84. Sin embargo, cuando tratamos con JaMe 0.5 mM ambas variedades de cereza (EL y PG) mostraron menores pérdidas de peso con la aplicación de un sólo tratamiento con JaMe, concretamente en el endurecimiento del hueso (Figura 3). Por tanto, una sola aplicación en este momento clave en precosecha podría ejercer un efecto positivo en relación con la pérdida de peso de estas variedades durante el posterior periodo postcosecha.

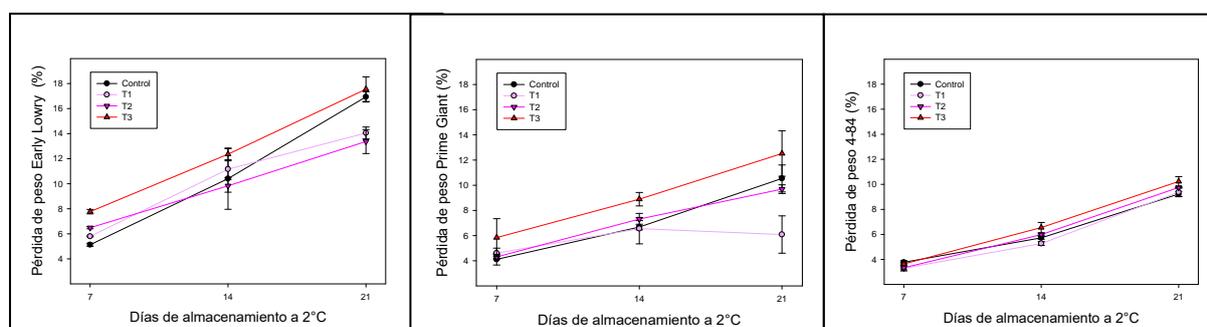


Figura 3. Evolución de las pérdidas de peso (%) de los frutos en cerezas controles y tratadas en precosecha con distinto número de aplicaciones (T1, T2, T3) con JaMe 0,5mM (EL y PG) y AO 2mM (4-84) durante su almacenamiento a 2°C.

Sin embargo, el AO no afectó significativamente a las pérdidas de peso (variedad 4-84) sin observarse efectos relacionados con el número de aplicaciones realizadas. Las pérdidas de peso en las cerezas van a condicionar su corta vida útil, por lo que en el caso de las variedades EL y PG pudieron ser reducidas probablemente debido al efecto que tienen los elicitores estudiados sobre la respiración de los frutos (Valero et al., 2011; García-Pastor et al., 2019).

Con respecto a la evolución de la firmeza de los frutos durante el almacenamiento, se observó que todos los tratamientos fueron eficaces a la hora de mantener este parámetro en comparación con los frutos controles desde el momento de la recolección. De hecho, en la variedad EL y 4-84 fue suficiente una sola aplicación del T1 (endurecimiento del hueso) con JaMe o AO respectivamente para mostrar niveles de firmeza mayores que el control (Figura 4). Durante el almacenamiento en postcosecha, los frutos sobre los que se realizaron tres aplicaciones precosecha fueron los que mayores niveles de firmeza presentaron en comparación con el control para ambas variedades en general. Este mantenimiento de la firmeza de las cerezas ha sido atribuido a una menor actividad de las enzimas de degradación de la pared celular inducido tanto por las aplicaciones de JaMe como por aplicaciones con AO en cereza y otros productos vegetales (Sayyari et al., 2011; Valero et al., 2011; Ruíz-Giménez et al., 2016).

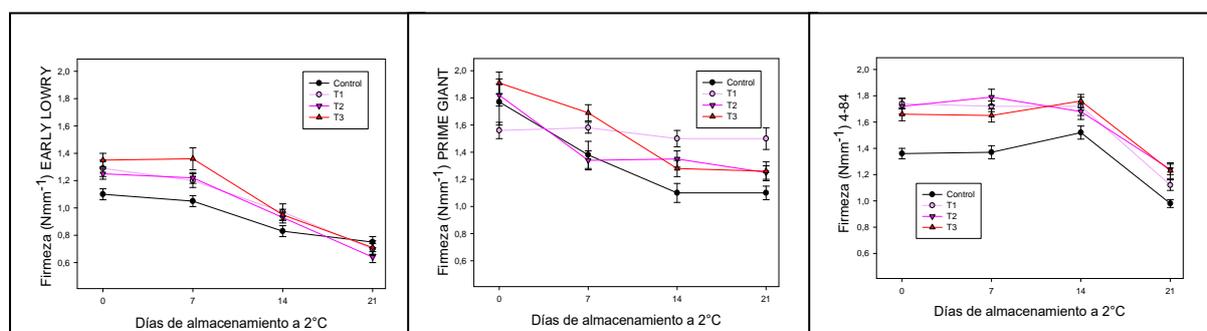


Figura 4. Evolución de la firmeza (Nmm⁻¹) de los frutos en cerezas controles y tratadas en precosecha con distinto número de aplicaciones (T1, T2, T3) con JaMe 0,5mM (EL y PG) y AO 2mM (4-84) durante su almacenamiento a 2°C.

De forma general, el color se expresa con una relación matemática de dos o más parámetros de color, que ofrece una idea más clara de la evolución del mismo. En este caso, se muestra la evolución del color expresado como ángulo Hue, que nos indica la tonalidad más o menos intensa del color rojo del fruto. Durante el almacenamiento postcosecha el ángulo Hue desciende ligeramente coincidiendo con la síntesis de pigmentos de color rojo característicos de la cereza, y con el posterior oscurecimiento del fruto. El efecto de los tratamientos sobre la tonalidad o ángulo Hue de los frutos fue patente sobre todo en la variedad PG y 4-84 (Figura 5). En estas variedades, tanto el JaMe como el AO aplicado mostraron un retraso en la evolución de la coloración de los frutos que fue diferente según la variedad. Sin embargo, para estas dos variedades los frutos control mostraron siempre menores valores de ángulo Hue con respecto a los frutos tratados en general, lo que a su vez se reflejó en los frutos tratados que mostraron coloraciones rojizas más intensas y menos oscuras probablemente producido por el retraso en la maduración que produjeron los tratamientos desde su aplicación en el árbol.

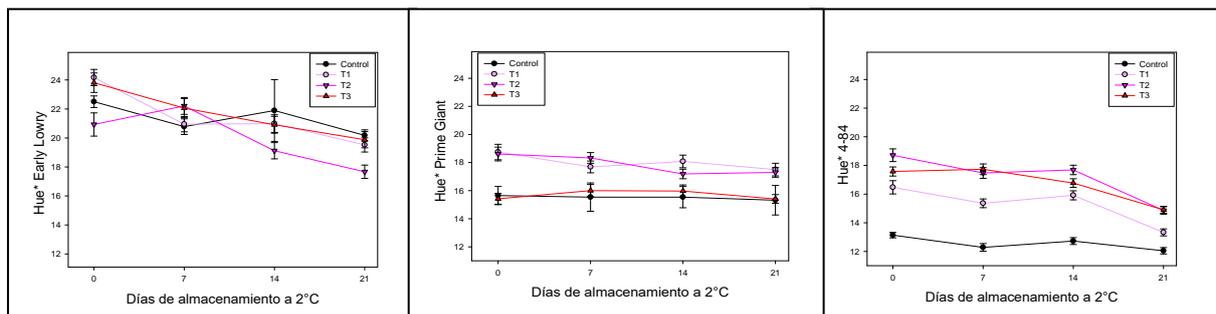


Figura 5. Evolución del ángulo Hue de los frutos en cerezas controles y tratadas en precosecha con distinto número de aplicaciones (T1, T2, T3) con JaMe 0,5mM (EL y PG) y AO 2mM (4-84) durante su almacenamiento a 2°C.

Los tratamientos con JaMe incrementaron el color rojo de estos frutos y observamos como las cerezas tratadas contenían mayores niveles de compuestos fenólicos, siendo las antocianinas los compuestos fenólicos mayoritarios responsables del color rojo de las cerezas. De forma general, se observó que al realizar tres tratamientos en los momentos clave del desarrollo del fruto se alcanzaron los mayores contenidos en compuestos fenólicos en las tres variedades estudiadas (Figura 6). La inducción de compuestos fenólicos en frutos tratados con JaMe y AO ha sido constatado tanto en cereza (Martínez-Esplá et al., 2014; Correia et al., 2017) como en frutos de un amplio número de especies vegetales Ruíz-Jiménez et al., 2016; García-Pastor et al., 2019).

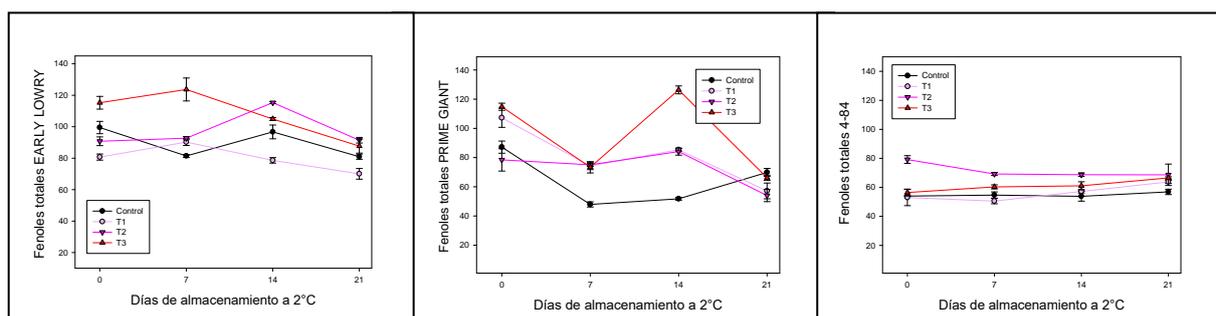


Figura 6. Evolución del contenido en fenoles totales (mg ác. gálico/100 g) de los frutos en cerezas controles y tratadas en precosecha con distinto número de aplicaciones (T1, T2, T3) con JaMe 0,5mM (EL y PG) y AO 2mM (4-84) durante su almacenamiento a 2°C.

Los sólidos solubles no observaron cambios significativos durante el almacenamiento de las cerezas (datos no mostrados), sin embargo, sí se observaron algunas diferencias con respecto a la acidez titulable de los frutos durante su almacenamiento postcosecha. En general, se observó que tanto el JaMe como el AO tuvieron un efecto positivo en retrasar la pérdida de la acidez de los frutos, si bien estuvo influenciado por la cantidad de aplicaciones que recibieron los frutos durante la precosecha. De hecho, mientras que en la variedad 4-84 una sola aplicación de AO fue suficiente para provocar un

mantenimiento de la acidez cuando aplicamos JaMe en las variedades EL y PG fueron necesarias 3 aplicaciones para obtener los mayores niveles de este parámetro (Figura 7).

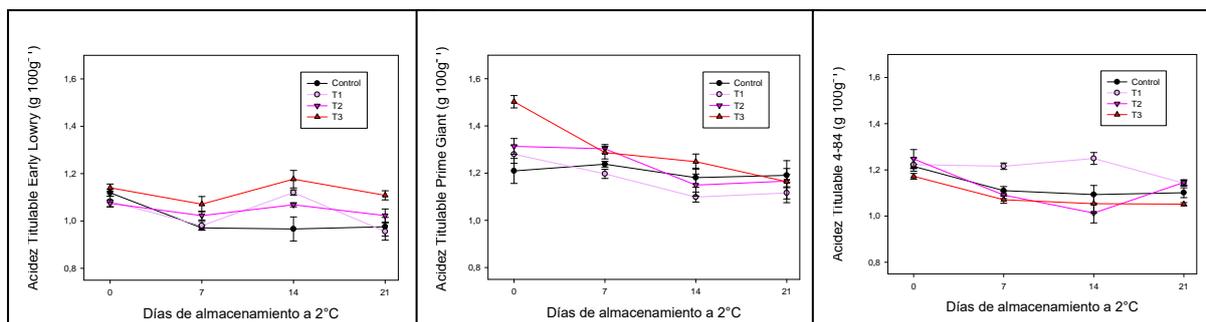


Figura 7. Evolución de la acidez titulable (g 100g⁻¹) de los frutos en cerezas controles y tratadas en precosecha con distinto número de aplicaciones (T1, T2, T3) con JaMe 0,5mM (EL y PG) y AO 2mM (4-84) durante su almacenamiento a 2°C.

El mayor contenido en acidez de los frutos tratados en el árbol pone de manifiesto el efecto en el retraso de la maduración de estos compuestos. Este retraso estaría relacionado con el menor metabolismo observado anteriormente con la reducción de la respiración que tienen tanto JaMe como AO. Además, recientemente se ha observado como el AO aplicado en precosecha sobre otros productos vegetales como el kiwi podría estar relacionado con un menor catabolismo de ácidos orgánicos tales como la vitamina C durante su posterior almacenamiento postcosecha (Ali et al., 2019).

La sensibilidad al rajado se evaluó durante el desarrollo en precosecha y en el momento de la recolección de ambas variedades de cereza, las cuales mostraron diferencias entre ellas con respecto a este parámetro. Las variedades afectadas por el rajado fueron las dos variedades tempranas (EL y PG) mientras que la variedad 4-84 no fue afectada por las lluvias durante su ciclo de producción. Así, no se observó ninguna mejora en las cerezas EL tratadas con JaMe (datos no mostrados), pero sí en la variedad PG, en la cual la sensibilidad al rajado disminuyó de forma significativa tras una sola aplicación en un 80% en comparación con las cerezas que no fueron tratadas con JaMe. Esta resistencia fue disminuyendo con las sucesivas lluvias acaecidas, así como por el avance del estado de madurez de los frutos en el árbol (Figura 8).

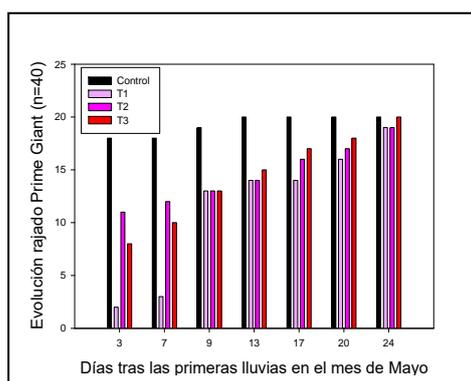


Figura 8. Evolución del agrietado de los frutos en cerezas "Prime Giant" controles y tratadas con distinto número de aplicaciones (T1, T2, T3) en precosecha con JaMe 0,5mM.

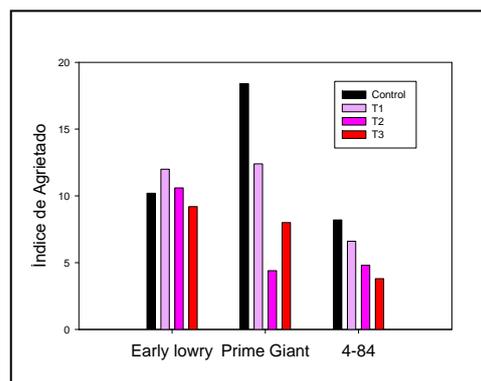


Figura 9. Inducción del rajado de los frutos en el momento de la cosecha mediante inmersión en agua destilada en las distintas variedades estudiadas y tratadas con distinto número de aplicaciones (T1, T2, T3) en precosecha con JaMe 0,5mM (EL y PG) y AO 2mM (4-84).

Asimismo, en el momento de la recolección se realizó una inducción del agrietado mediante inmersión de las cerezas recién recolectadas y sin agrietar. No se observaron efectos positivos en la variedad EL, pero sí observamos una disminución significativa del índice de agrietado en las cerezas PG tratadas con JaMe y en las cerezas sometidas a este estrés de la variedad 4-84 (Figura 9). Es posible que el incremento de la firmeza y el estado fenológico de las cerezas tratadas con JaMe y AO estuviera involucrado en la reducción del agrietado o rajado de las cerezas. De hecho, esta relación ha sido observada con anterioridad en varios estudios. Sin embargo, también se ha observado el efecto contrario en otros frutos, donde la mayor firmeza de las bayas estimulaba el rajado en unas variedades, aunque en otras una mayor firmeza producía un efecto protector frente a esta alteración, por lo que esta relación podría estar vinculada a la variedad del fruto (Balbontín et al., 2018).

Conclusiones

La aplicación de elicitors como JaMe y AO en precosecha de cerezas de la Montaña de Alicante tiene la capacidad de aumentar la calidad organoléptica, nutritiva y funcional de los frutos, así como inducir mecanismos de resistencia al rajado de los mismos. Los tratamientos son capaces de aumentar el color rojo en el momento de la recolección siendo esto de gran interés para el sector productor y comercializador de cerezas. No solo existe una mejora en la coloración si no que el uso de estos tratamientos provee a los frutos de una mayor calidad y contenido en algunos compuestos bioactivos, lo que conllevaría un beneficio para las empresas del sector hortofrutícola al disponer de frutos con estándares de calidad más elevados tanto en el momento de la recolección como durante su posterior conservación y comercialización. Por otra parte, es necesario destacar que los compuestos aplicados en este estudio son naturales y sostenibles, considerados como GRAS, y por tanto satisfacen la demanda de los consumidores hacia el uso de estrategias de producción y conservación inocuas para la salud y tecnologías más respetuosas y sostenibles con el medio ambiente.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Generalitat Valenciana (GVA) a través de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural de la Generalitat Valenciana (2019/VALORA/VSC/010), por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) 2014-2020, y el apoyo del Consejo Regulador de la IGP "Cerezas de la Montaña de Alicante" en la realización de este estudio.

Bibliografía

- Ali, M., Liu, M.M., Wang, Z.E., Li, S.E, Jiang, T.J., Zheng, X.L., 2019. Pre-harvest spraying of oxalic acid improves postharvest quality associated with increase in ascorbic acid and regulation of ethanol fermentation in kiwifruit cv. Bruno during storage. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(11), 2514-2520. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62791-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62791-7).
- Balbontín, C., Gutiérrez, C., Wolff, M., Figueroa, C.R., 2018. Effect of abscisic acid and methyl jasmonate preharvest applications on fruit quality and cracking tolerance of sweet cherry. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 78(3), 438-446. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392018000300438>.
- Cai, Y., Cao, S., Yang, Z., Zheng, Y., 2011. MeJA regulates enzymes involved in ascorbic acid and glutathione metabolism and improves chilling tolerance in loquat fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 59(3), 324-326. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.08.020>.
- Castillo, S., Valverde, J.M., Guillén, F., Zapata, P.J., Díaz-Mula, H.M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Serrano, M., 2015. Methyl jasmonate and methyl salicylate affect differentially the postharvest ripening process of 'primulat' sweet cherry. *Acta Horticulturae*, 1079. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1079.72>.

Chanjirakul, K., Wang, S.Y., Wang, C.Y., Siriphanich, J., 2007. Natural volatile treatments increase free-radical scavenging capacity of strawberries and blackberries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(8), 1463-1472. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2841>.

Christensen, J.V., 1996. Rain-induced cracking of sweet cherries: Its causes and prevention. In: Webster, A.D., Looney, N.E. (Eds.), *Cherries: Crop Physiology, Production and Uses*. CAB International, UK, pp. 297-327. <https://ci.nii.ac.jp/naid/20001124606/>.

Correia, S., Schouten, R., Silva, A.P., Gonçalves, B., 2017. Factors affecting quality and health promoting compounds during growth and postharvest life of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Frontiers in Plant Science*, 8, 2166. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02166>.

García-Pastor, M.E., Serrano, M., Guillén, F., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Valero, D., Zapata, P.J., 2019. Methyl jasmonate effects on table grape ripening, vine yield, berry quality and bioactive compounds depend on applied concentration. *Scientia Horticulturae*, 247, 380-389. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.043>.

Giménez, M. J., Martínez-Esplá, A., Gironés-Vilaplana, A., Valverde, J.M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., 2019. Effect of preharvest application of methyl salicylate, oxalic acid and methyl jasmonate on yield and quality of 'Sweet Heart' cherries. *Acta Horticulturae*, 1256, 501-504. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1256.71>.

Kayashima, T., Katayama, T., 2002. Oxalic acid is available as a natural antioxidant in some systems. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1573(1), 1-3. [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(02\)00338-0](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(02)00338-0).

Martínez-Esplá, A., Zapata, P.J., Valero, D., García-Viguera, C., Castillo, S., Serrano, M., 2014. Preharvest Application of Oxalic Acid Increased Fruit Size, Bioactive Compounds, and Antioxidant Capacity in Sweet Cherry Cultivars (*Prunus avium* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62 (15), 3432-3437. <https://doi.org/10.1021/jf500224g>.

Nanetti, A., Büchler, R., Charrière, J.D., Friesd, I., Helland, S., Imdorf, A. Korpela, S., Kristiansen, P., 2003. Oxalic acid treatments for varroa control (review). *Apiacta*, 38, 81-87. http://www.apimondiafoundation.org/cgi-bin/index.cgi?sid=&zone=download&action=download_file&file_id=61&categ_id=82.

Peña-Cortés, H., Barrios, P., Dorta, F., Polanco, V., Sánchez, C., Sánchez, E., Ramírez, I., 2004. Involvement of jasmonic acid derivatives in plant responses to pathogens and insects and in fruit ripening. *Journal of Plant Growth Regulation*, 23(3), 246-260. <https://doi.org/10.1007/s00344-004-0035-1>.

Sayyari, M., Valero, D., Babalar, M., Zapata, P.J., Serrano, M., 2010. Prestorage oxalic acid treatment maintained visual quality, bioactive compounds, and antioxidant potential of pomegranate after long-term storage at 2 °C. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(11), 6804-6808. <https://doi.org/10.1021/jf100196h>.

Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Serrano, M., Valero, D., 2011. Vapour treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. *Food Chemistry*, 124(3), 964-970. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.036>.

Serradilla, M.J., Martín, A., Hernández, A., López-Corrales, M., Lozano, A.M., De Guía Córdoba, M., 2010. Effect of the commercial ripening stage and postharvest storage on microbial and aroma changes of 'Ambrunés' sweet cherries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(16), 9157-9163. <https://doi.org/10.1021/jf102004v>.

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>.

Toomemaa, K., Martin, A. J., Williams, I. H., 2010. The effect of different concentrations of oxalic acid in aqueous and sucrose solution on Varroa mites and honey bees. *Apidologie*, 41(6), 634-653. <https://doi.org/10.1051/apido/2010029>.

Valero, D., Díaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Castillo, S., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Serrano, M., 2011. Postharvest treatments with salicylic acid, acetylsalicylic acid or oxalic acid delayed ripening and enhanced bioactive compounds and antioxidant capacity in sweet cherry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(10), 5483-5489. <https://doi.org/10.1021/jf200873j>.

Wang, S.Y., Bowman, L., Ding, M., 2008. Methyl jasmonate enhances antioxidant activity and flavonoid content in blackberries (*Rubus* sp.) and promotes antiproliferation of human cancer cells. *Food Chemistry*, 107(3), 1261-1269. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.065>.

Wang, S.Y., Chen, C.T., Wang, Y., Chen, P., 2007. Resveratrol content in strawberry fruit is affected by preharvest conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(20), 8269-8274. <https://doi.org/10.1021/jf071749x>.

Wang, S.Y., Zheng, W., 2005. Preharvest application of methyl jasmonate increases fruit quality and antioxidant capacity in raspberries. *International Journal of Food Science and Technology*, 40(2), 187-195. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00930.x>.

Yao, H., Tian, S., 2005. Effects of pre- and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. *Postharvest Biology and Technology*, 35(3), 253-262. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.09.001>.

Zheng, X., Tian, S., Meng, X., Li, B., 2007. Physiological and biochemical responses in peach fruit to oxalic acid treatment during storage at room temperature. *Food Chemistry*, 104, 156-162. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.015>.

