



CONTENIDO DE FENOLES TOTALES EN FRUTOS DE MANGO 'SUPER HADEN' DAÑADOS POR ANTRACNOSIS Y TRATADOS EN POSCOSECHA

Total phenolic content in 'Super Haden' mango fruits damaged by anthracnose and treated in postharvest

Akira Pérez Márquez^{1✉}, Yamile Vidal Aguiar¹ y Tania Mulkay Vitón²

ABSTRACT. Total phenolic content in the exocarp of fruits is related to their own defense mechanisms against fungal pathogen attack. *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. causes anthracnose in mango (*Mangifera indica* L.) thereby high postharvest losses. The aim of this study was to evaluate the total phenolic content in damaged and postharvest treated 'Super Haden' mango fruits, to make evident its relationship with the defense mechanisms against pathogen infection. Exocarp samples were taken from healthy and anthracnose-damaged (mild, moderate and severe levels) fruits as well as from those postharvest treated with hot water (53 °C for 5 min), polyethylene wax (10 % ST) plus imazalil (800 mg L⁻¹), polyethylene wax (10 % ST) plus imazalil (800 mg L⁻¹) plus two bags of Conserver 21 and a control without application. Samples were lyophilized and the total phenolic content was determined by the method suggested by Slinkard and Singleton (1977) with some modification. Anthracnose-affected fruits showed a lower total phenolic content: 59,25 at the mild degree, 58,63 at the moderate and 56,52 mg of galic acid g⁻¹ fresh weight at the severe level, showing significant differences between damage levels and health fruits. Postharvest treatments increased total phenolic content. Hot water and the combination of polyethylene wax plus imazalil showed values of 37,58 and 37,11 mg of galic acid g⁻¹ fresh weight respectively, compared with the control value of 33,94 mg galic acid g⁻¹ fresh weight, showing a correspondence with a lower disease occurrence.

RESUMEN. El contenido de fenoles totales en el exocarpio de los frutos tiene relación con los mecanismos de defensa propios del fruto frente al ataque por patógenos fúngicos. *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. es causante de la antracnosis en el mango (*Mangifera indica* L.) y ocasiona elevadas pérdidas en poscosecha. El objetivo de este trabajo fue evaluar el contenido de fenoles totales en frutos de mango 'Super Haden' dañados y tratados en poscosecha y evidenciar su relación con los mecanismos de defensa frente a la infección por patógenos. Se tomaron muestras de exocarpios de frutos sanos y con niveles de daños ligeros, moderados y severos por la antracnosis, así como en frutos tratados en poscosecha con agua caliente (53 °C por 5 min), cera polietilénica (10 % ST) más imazalil (800 mg L⁻¹), cera polietilénica (10 % ST) más imazalil (800 mg L⁻¹) más dos bolsas de Conserver 21 y un testigo sin aplicación. Las muestras se liofilizaron y se determinó el contenido de fenoles totales por el método sugerido por Slinkard y Singleton (1977) con modificaciones. Los frutos afectados por la antracnosis presentaron menores contenidos de fenoles totales en el grado ligero fue de 59,25, en el moderado de 58,63 y en el severo 56,52 mg de ácido gálico g⁻¹ de masa fresca, mostrándose diferencias significativas entre los grados y frutos sanos. Los tratamientos poscosecha incrementaron el contenido de fenoles totales. El agua caliente y la combinación de cera polietilénica con imazalil mostró valores de 37,58 y 37,11 mg de ácido gálico g⁻¹ respectivamente, en comparación con el testigo que fue 33,94 mg de ácido gálico g⁻¹, existiendo una correspondencia con la disminución de la incidencia de la enfermedad.

Key words: anthracnose, exocarp, phenol, mango

Palabras clave: antracnosis, exocarpio, fenol, mango

INTRODUCCIÓN

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios que se caracterizan por estar formados por unidades de fenoles-anillos aromáticos unidos a uno o más grupos hidroxilos. Estas biomoléculas se localizan en todas las partes de las plantas y su

¹ Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700.

² Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Ave 7ma. No 3005 e/30 y 32, Playa, La Habana, Cuba.

✉ akiraperez82@gmail.com

concentración varía a todo lo largo del ciclo vegetativo; además, participan en diversas funciones, tales como la asimilación de nutrientes, síntesis proteica, actividad enzimática, fotosíntesis, formación de compuestos y en la defensa ante factores bióticos y abióticos (1).

Los mecanismos de defensa activados en las plantas incluyen la producción rápida de especies reactivas del oxígeno (ROS), alteraciones en la constitución de la pared celular, la acumulación de metabolitos secundarios como fitoalexinas, la activación y síntesis de péptidos y proteínas de defensa, entre otros (2, 3).

Entre los compuestos fenólicos más importantes se distinguen los ácidos fenólicos, los flavonoides, los taninos y otros compuestos menos comunes como estilbenos y lignanos (4, 5).

La evolución de los compuestos fenólicos, durante la etapa de poscosecha o maduración en los frutos, ha sido un tema de interés para los investigadores, porque pueden estar implicados en los mecanismos de defensa de los frutos ante la infección de determinados hongos (6, 7).

En ausencia de daños o ataque de patógenos, los mecanismos de defensa del fruto pueden ser inducidos por elicitores físicos o químicos (8). Los elicitores físicos incluyen las temperaturas altas y bajas, las irradiaciones gamma y ultravioletas (9, 10, 11). Entre los químicos se encuentran productos como el quitosano, benzothiadiazole (BTH), harpin y 1-methylciclopropano (12, 13, 14, 15) y otros como el ácido oxálico y cloruro de calcio (16).

El hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc se considera muy polimórfico y polífago, por su forma de causar la infección en los frutos, clasificándose como un hongo de infección latente, produce enzimas (polygalacturonasa y pectatilyasa) que degradan la pared celular y ocasiona la enfermedad conocida como la antracnosis en el mango (*Mangifera indica* L.) (17, 18, 19).

La incidencia y severidad de los daños por la antracnosis en los frutos de mango afectan su calidad comercial y provocan pérdidas elevadas durante la conservación y comercialización (20). Su control en la poscosecha se efectúa mediante los métodos físico (hidrotérmico) y químico o la combinación de ambos (21).

En Cuba, el mango es uno de los frutos que más se produce, representando más del 30 % de la producción total de frutales^A y existe un gran interés

en incrementar su exportación como fruto fresco, siendo el cultivar 'Super Haden' típico del país y el más distribuido en todas las regiones productoras, pero las pérdidas durante la poscosecha son elevadas, debido entre otras causas, a la incidencia de la antracnosis. Sin embargo, existen escasos estudios relacionados con el proceso de la infección latente del hongo y el desarrollo de la enfermedad, durante la maduración de los frutos, así como sus mecanismos de inducción de resistencia ante la aplicación de los tratamientos para el control poscosecha de la antracnosis. El objetivo de este trabajo fue determinar los fenoles totales en frutos de mango 'Super Haden' con diferentes grados de severidad por la antracnosis y después de tratados en poscosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de mango (*Mangifera indica* L.) 'Super Haden' se recolectaron con madurez fisiológica de una plantación ubicada en la Unidad Científico-Tecnológica de Base Alquizar, (UCTB, Alquizar), provincia Artemisa, que se encuentra en los 82° 32' N y los 22° 47' O, a 11 m sobre el nivel medio del mar, sobre un suelo Ferrasol éutrico con topografía llana de pendiente 0 (22).

DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES EN EL EXOCARPIO DE LOS FRUTOS DAÑADOS POR LA ANTRACNOSIS

Los síntomas por la antracnosis se identificaron según Ploetz (23) y los daños en el exocarpio de los frutos se determinaron a través de la escala arbitraria de clasificación según Mulkay *et al.* (24). Los resultados se expresaron en el porcentaje de frutos por daños (Tabla).

Los fenoles totales en el exocarpio de los frutos clasificados, de acuerdo a la escala arbitraria, se determinaron por el método colorimétrico de Folin Ciocalteu (25) con ligeras modificaciones. Se tomaron tres muestras (un fruto por muestra y por clasificación) y se liofilizaron para su posterior análisis. Los extractos resultantes se analizaron por espectrofotometría. La absorbancia se midió con un espectrofotómetro Shimadzu UV-180 a una longitud de onda de 765 nm y los fenoles totales se calcularon en base a la pendiente de la proporción lineal de la curva patrón de ácido gálico y se expresó como mg de ácido gálico g⁻¹ de masa seca.

^AMINAGRI. *Reporte Estadístico*. La Habana, Cuba, 2010.

Escala arbitraria de clasificación de los daños por la antracnosis en el exocarpio de frutos de mango 'Super Haden'

Clasificación	Descripción
Sano	Sin daños en el exocarpio
Leve	Menos del 10 % de la superficie del exocarpio afectada y manchas menores de 1 cm de diámetro
Moderado	Menos del 10 % de la superficie del exocarpio afectada y manchas mayores de 1 cm de diámetro
Severo	Más del 10 % de la superficie del exocarpio afectada y manchas mayores y menores de 1 cm de diámetro

DETERMINACIÓN DE LOS FENOLES TOTALES EN EL EXOCARPIO DE LOS FRUTOS TRATADOS EN POSCOSECHA

Los frutos se lavaron con detergente Tropicleaner® 0,01 %, se enjuagaron y se sometieron a los siguientes tratamientos:

- ♦ Inmersión en agua caliente 53 °C x 5 min (AC)
- ♦ Aspersión con la mezcla de Fecundal 50 % (ingrediente activo, imazalil 50 % P/V) a la concentración de 800 mg L⁻¹ más cera polietilénica (10 % sólidos totales) (I+C).
- ♦ Aspersión con la mezcla de Fecundal 50 % (ingrediente activo, imazalil 50 % P/V) a la concentración de 800 mg L⁻¹ más cera polietilénica (10 % sólidos totales) + dos bolsas de Conserver 21 dentro del empaque (I+C+C21)
- ♦ Testigo sin aplicación (T).
- ♦ Posteriormente, los frutos se secaron, se empacaron en cajas de cartón corrugados de 4 kg y se conservaron durante 15 días a 14±1 °C y HR 85-90 %.

Al final de la frigoconservación se determinaron:

- ♦ La incidencia de la antracnosis por el porcentaje de frutos afectados
- ♦ La efectividad de los tratamientos por la fórmula de Abbot (26)
- ♦ Los fenoles totales como se describió anteriormente, se tomaron tres muestras de exocarpios de frutos sanos por tratamiento (un fruto por muestra) y se liofilizaron para su posterior análisis.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado. Para cada evaluación de los daños por la antracnosis y los tratamientos se realizaron tres repeticiones (30 frutos x repetición). El procesamiento estadístico de los resultados se realizó mediante un Anova de Clasificación Simple. Las medias se compararon por la Prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

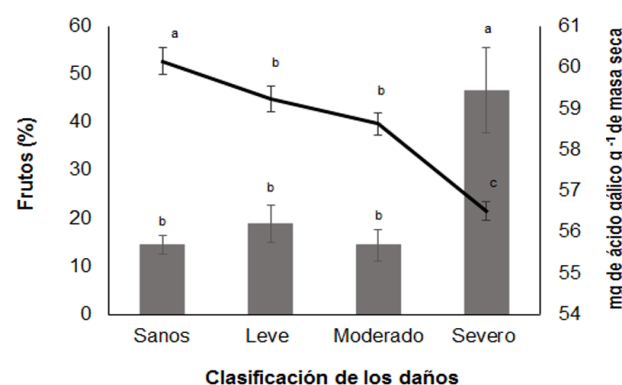
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DETERMINACIÓN DE LOS FENOLES TOTALES EN EL EXOCARPIO DE LOS FRUTOS DAÑADOS POR LA ANTRACNOSIS

Los frutos de mango se clasificaron como sanos, con daños leves, moderados y severos por la antracnosis. Sobre el exocarpio se desarrollaron manchas de forma redonda, hundida, de color pardo oscuro a negro, acompañadas de una masa de color salmón, como consecuencia de la maduración del acérvulo del hongo (23). El porcentaje de frutos con daños severos fue más significativo que el de los daños leves, moderados y sanos. Al analizar el contenido de fenoles totales en los frutos con daños severos, hubo

menores cantidades con diferencias entre los daños leves y moderados y estos a su vez con los sanos (Figura 1).

Los resultados relacionados con el alto porcentaje de frutos de mango con daños severos por la antracnosis pudiera deberse a la presencia de condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad, como las temperaturas entre 20 y 30 °C por 12 horas y humedad relativa sobre el 95 %, además de la existencia de abundante fuente de inóculo en la plantación, que favorecen las infecciones latentes de manera natural del hongo *C. gloeosporioides* (27, 28).



Las barras de error representan $\pm$ Desviación Estándar
Letras diferentes indican diferencias significativas por la Prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 1. Porcentaje de frutos de mango ‘Super Haden’ y cantidad de fenoles totales, según la clasificación de los daños por la antracnosis después de 15 días a 14±1 °C y HR 85-90 %

La disminución de los fenoles totales en el exocarpio de los frutos de mango con daños severos pudo ser consecuencia del mayor porcentaje de área del exocarpio afectada, como resultado de las infecciones latentes del hongo, además de la presencia de un mayor número de manchas de tamaño mayor y menor a 1 cm de diámetro, que indican el estado de desarrollo de la enfermedad, muy diferente a lo observado en los frutos con daños leves, moderados y sanos, donde las cantidades de fenoles fueron mayores.

Los frutos de mango presentan altos contenidos de compuestos fenólicos en el exocarpio. Los mayores niveles de estos compuestos se detectan en etapas juveniles del desarrollo del fruto, produciéndose un importante descenso durante la maduración.

Los compuestos fenólicos son solamente inducidos cuando los factores de estrés están presentes. La biosíntesis de las fitoalexinas suele producirse en zonas localizadas, alrededor del área de entrada del microorganismo, estando ausente o solo presente en cantidades reducidas en los tejidos sanos (29).

Algunos autores refieren que los cambios en el contenido de fenoles pudieran estar asociados al proceso de infección del patógeno y a las características de los materiales de defensas como la fitoanticipina, recientemente informada (5).

Cuando la célula de los tejidos está sana e intacta, la enzima Polifenol Oxidasa (PPO) y sus sustratos, los fenoles se encuentran en compartimientos separados (cloroplastos y vacuolas, respectivamente). Sin embargo, cuando la célula se desorganiza, como resultado del proceso infeccioso de la antracnosis (23), las enzimas y los sustratos se ponen en contacto y sucede la reacción de oxidación de los compuestos fenólicos, catalizada por la enzima PPO, causando la formación de quinonas, las cuales son polimerizadas y forman pigmentos negros, cafés y pardos, afín con los síntomas de la antracnosis.

DETERMINACIÓN DE LOS FENOLES TOTALES EN EL EXOCARPIO DE LOS FRUTOS TRATADOS EN POSCOSECHA

La incidencia de la antracnosis en los frutos de mango, tratados en poscosecha, disminuyó significativamente; en los testigos la enfermedad afectó un 66,66 %, por lo que la efectividad de los tratamientos fue superior al 46,87 %, sin diferencias estadísticas (Figura 2).

La efectividad del agua caliente y el fungicida imazalil para el control de la antracnosis en frutos de mango, coincide con lo planteado por distintos autores en relación con el efecto de estos en la calidad y vida de anaquel de diferentes frutos^B (30, 31, 32).

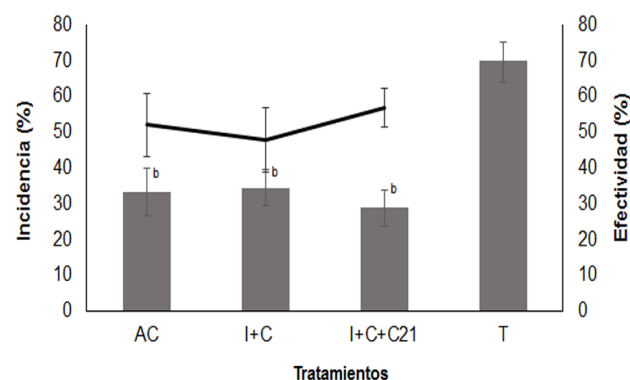
Los tres tratamientos provocaron un significativo incremento del contenido de fenoles, mientras que en los testigos fue de 33,93 mg de ácido gálico g⁻¹ de masa seca. El hidrotérmico y la combinación del fungicida, más la cera, mostraron mayores cantidades de fenoles, con diferencias estadísticas a la combinación del fungicida, la cera y el Conserver 21 (Figura 3).

El incremento de fenoles en el exocarpio de los frutos de mango con agua a 53 °C x 5 min, son similares a los obtenidos por Talcott *et al.* (33). Diferentes estudios señalan los posibles mecanismos del efecto del tratamiento con calor en la inducción de resistencia a enfermedades y en la calidad poscosecha de los frutos (34, 35, 36).

Una forma de acción primaria de este tratamiento es la desinfección del fruto, siendo eliminadas o destruidas las esporas o micelio fúngico (37).

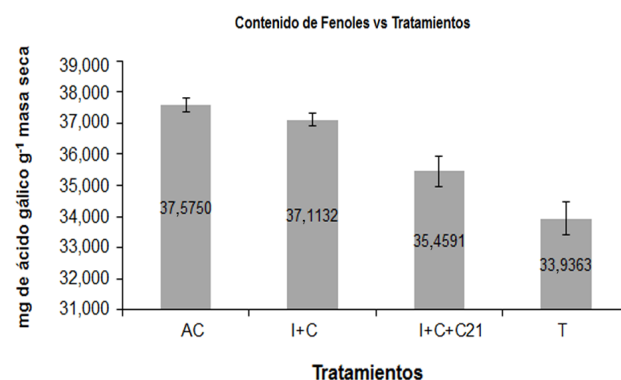
En frutos de papaya, sumergidos en agua, a 54 °C x 4 min, hubo una reducción de los estados de desarrollo de *C. gloeosporioides*, con una disminución significativa en la incidencia de la antracnosis, la cera natural de los frutos se fundió

y las grietas y los estomas quedaron cubiertos y sellados, proporcionando una barrera mecánica contra el ataque del patógeno; además, este tratamiento indujo la expresión de la proteína de la polygalacturonasa (38), que puede inhibir la endopolygalacturonasa fúngica, considerada como un factor importante para la resistencia de las plantas a hongos fitopatógenos.



Las barras de error representan $\pm$ Desviación Estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas por la Prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 2. Incidencia de la antracnosis en frutos de mango 'Super Haden' tratados con agua caliente (AC), Imazalil+cera (I+C), Imazalil+cera+Conserver 21 (I+C+C21) y frutos testigo (T) y su efectividad después de 15 días a 14 $\pm$ 1 °C y HR 85-90 %



Las barras de error representan $\pm$ Desviación Estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas por la Prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 3. Fenoles totales en el exocarpio de frutos sanos de mango 'Super Haden' tratados con agua caliente (AC), Imazalil+cera (I+C), Imazalil+cera+Conserver 21 (I+C+C21) después de 15 días a 14 $\pm$ 1 °C y HR 85-90 %

^B Brecht, J.; Sargent, S.; Kader, A.; Mitcham, E.; Maul, F.; Brecht, P. y Menocal, O. *Manual práctico para el mejoramiento poscosecha del mango*. Inst. Copyright National Mango Board, Orlando, Florida, 2010, pp. 5-67.

También, la aplicación del tratamiento hidrotérmico a 53 °C x 3 min en frutos de melón (*Cucumis melo* L.), redujo las pudriciones causadas por diferentes hongos, hubo una mayor actividad de las enzimas fenilalanina amonoliasa, cinnamata-4-hidroxilasa, coumarata, CoA ligasa, polifenoxidasas y peroxidasa, relacionadas con los mecanismos de defensa e incremento de los compuestos antifúngicos y los niveles de compuestos fenólicos (39).

Por otro parte, el Imazalil es un fungicida derivado de los imidazoles. Perteneció al grupo de los inhibidores de la biosíntesis de los precursores del ergosterol (IBE), que inhiben la enzima que depende del citocromo P-450, responsable de la demetilación del ergosterol. Actúa directamente sobre el patógeno, afecta la permeabilidad celular del hongo y la biosíntesis de lípidos. Provoca actividad antiesporulante, reducción de la germinación de esporas y la inflamación de la distorsión de tubos germinativos y pérdida de citoplasma en células germinadas. Se ha demostrado la sensibilidad de varios aislados de *Colletotrichum* spp. a este fungicida (40, 41).

La aplicación del imazalil + cera y el imazalil + cera + Conserver 21, (este último es un producto absorbedor del etileno), pudiera modificar la atmósfera que rodea al fruto, con la consecuente disminución de la respiración y producción de etileno, así como el atraso en la maduración (42, 43, 44), que además, da lugar a una demora en la actividad de diferentes enzimas involucradas en las rutas de biosíntesis de los compuestos fenólicos (45), como son la polifenoloxidasas o peroxidasa, principales responsables de la degradación de estos compuestos (46).

Los altos contenidos de fenoles totales en el exocarpio de los frutos de mango 'Super Haden', tratados en poscosecha, están en correspondencia con la baja incidencia de la antracnosis y la efectividad de estos en su control.

Estos resultados constituyen un aporte al conocimiento sobre el desarrollo y la severidad de la antracnosis en los frutos de mango 'Super Haden' y la efectividad de los tratamientos poscosecha para su control, siendo importante determinar otras enzimas y los procesos relacionados con los frutos y la manifestación de la enfermedad.

CONCLUSIONES

- ♦ Las cantidades de fenoles totales fueron menores en los frutos de mango 'Super Haden' con daños severos por la antracnosis y mayores en los daños leves, moderados y sanos después de 15 días de almacenados.
- ♦ Los frutos de mango 'Super Haden', tratados con agua caliente a 53 °C x 5 min, Imazalil a 800 mg L⁻¹ + cera polietilénica (10 %) e Imazalil (50 %) 800 mg L⁻¹ + cera polietilénica (10 %) + Conserver 21, indujeron

mayores cantidades de fenoles totales en el exocarpio después de 15 días de almacenados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Pinelo, M.; Rubilar, M.; Sineiro, J. y Núñez, M. J. "Extraction of antioxidant phenolics from almond hulls (*Prunus amygdalus*) and pine sawdust (*Pinus pinaster*)". *Food Chemistry*, vol. 85, no. 2, abril de 2004, pp. 267-273, ISSN 0308-8146, DOI 10.1016/j.foodchem.2003.06.020.
2. Berardini, N.; Fezer, R.; Conrad, J.; Beifuss, U.; Carle, R. y Schieber, A. "Screening of Mango (*Mangifera indica* L.) Cultivars for Their Contents of Flavonol O- and Xanthone C-Glycosides, Anthocyanins, and Pectin". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 53, no. 5, 1 de marzo de 2005, pp. 1563-1570, ISSN 0021-8561, DOI 10.1021/jf0484069.
3. Loon, L. C. van; Rep, M. y Pieterse, C. M. J. "Significance of Inducible Defense-related Proteins in Infected Plants". *Annual Review of Phytopathology*, vol. 44, no. 1, 2006, pp. 135-162, ISSN 0066-4286, 0066-4286, DOI 10.1146/annurev.phyto.44.070505.143425.
4. del Río, J. A.; Gómez, P.; Baidez, A. G.; Arcas, M. C.; Botía, J. M. y Ortuño, A. "Changes in the Levels of Polymethoxyflavones and Flavanones as Part of the Defense Mechanism of *Citrus sinensis* (Cv. Valencia Late) Fruits against *Phytophthora citrophthora*". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 52, no. 7, 1 de abril de 2004, pp. 1913-1917, ISSN 0021-8561, DOI 10.1021/jf035038k.
5. Kim, H. G.; Kim, G.-S.; Lee, J. H.; Park, S.; Jeong, W. Y.; Kim, Y.-H.; Kim, J. H.; Kim, S. T.; Cho, Y. A.; Lee, W. S.; Lee, S. J.; Jin, J. S. y Shin, S. C. "Determination of the change of flavonoid components as the defense materials of *Citrus unshiu* Marc. fruit peel against *Penicillium digitatum* by liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry". *Food Chemistry*, vol. 128, no. 1, 1 de septiembre de 2011, pp. 49-54, ISSN 0308-8146, DOI 10.1016/j.foodchem.2011.02.075.
6. Miles, T. D.; Vandervoort, C.; Nair, M. G. y Schilder, A. C. "Characterization and biological activity of flavonoids from ripe fruit of an anthracnose-resistant blueberry cultivar". *Physiological and Molecular Plant Pathology*, vol. 83, julio de 2013, pp. 8-16, ISSN 0885-5765, DOI 10.1016/j.pmpp.2013.02.004.
7. Jeong, S. W.; Kim, H. G.; Park, S.; Lee, J. H.; Kim, Y. H.; Kim, G. S.; Jin, J. S.; Kwak, Y. S.; Huh, M. R.; Lee, J. E.; Song, Y. y Shin, S. C. "Variation in flavonoid levels in *Citrus benikoji* Hort. ex. Tan. infected by *Colletotrichum gloeosporioides*". *Food Chemistry*, vol. 148, 1 de abril de 2014, pp. 284-288, ISSN 0308-8146, DOI 10.1016/j.foodchem.2013.10.070.
8. Ruiz, G. Y. y Gómez, P. E. "Elicitors: A Tool for Improving Fruit Phenolic Content". *Agriculture*, vol. 3, no. 1, 25 de enero de 2013, pp. 33-52, ISSN 2077-0472, DOI 10.3390/agriculture3010033.

9. Becatti, E.; Chkaiban, L.; Tonutti, P.; Forcato, C.; Bonghi, C. y Ranieri, A. M. "Short-Term Postharvest Carbon Dioxide Treatments Induce Selective Molecular and Metabolic Changes in Grape Berries". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 58, no. 13, 14 de julio de 2010, pp. 8012-8020, ISSN 0021-8561, DOI 10.1021/jf100936x.
10. Crifò, T.; Puglisi, I.; Petrone, G.; Recupero, G. R. y Lo Piero, A. R. "Expression analysis in response to low temperature stress in blood oranges: Implication of the flavonoid biosynthetic pathway". *Gene*, vol. 476, no. 1-2, 1 de mayo de 2011, pp. 1-9, ISSN 0378-1119, DOI 10.1016/j.gene.2011.02.005.
11. Eichholz, I.; Huyskens, K. S.; Keller, A.; Ulrich, D.; Kroh, L. W. y Rohn, S. "UV-B-induced changes of volatile metabolites and phenolic compounds in blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.)". *Food Chemistry*, vol. 126, no. 1, 1 de mayo de 2011, pp. 60-64, ISSN 0308-8146, DOI 10.1016/j.foodchem.2010.10.071.
12. Danner, M. A.; Sasso, S. A. Z.; Medeiros, J. G. S.; Marchese, J. A. y Mazarro, S. M. "Indução de resistência à podridão-parda em pêssegos pelo uso de eliciadores em pós-colheita". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 43, no. 7, julio de 2008, pp. 793-799, ISSN 0100-204X, DOI 10.1590/S0100-204X2008000700002.
13. Wang, F.; Feng, G. y Chen, K. "Defense responses of harvested tomato fruit to burdock fructooligosaccharide, a novel potential elicitor". *Postharvest Biology and Technology*, vol. 52, no. 1, abril de 2009, pp. 110-116, ISSN 0925-5214, DOI 10.1016/j.postharvbio.2008.09.002.
14. Pan, Y. G. y Liu, X. H. "Effect of benzo-thiadiazole-7-carbothioic acid S-methyl ester (BTH) treatment on the resistant substance in postharvest mango fruits of different varieties". *African Journal of Biotechnology*, vol. 10, no. 69, 2011, pp. 15521-15528, ISSN 1684-5315, DOI <http://dx.doi.org/10.5897/AJB11.2150>.
15. Li, M.; Yu, M. L.; Zhang, Z. Q.; Liu, Z. G. y Pan, Y. "Control of black spot disease caused by *Alternaria alternata* on jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. cv. Dongzao) using Harpin_{soo} protein". *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, vol. 87, no. 3, 1 de enero de 2012, pp. 250-254, ISSN 1462-0316, DOI 10.1080/14620316.2012.11512860.
16. Tian, S.; Wan, Y.; Qin, G. y Xu, Y. "Induction of defense responses against *Alternaria* rot by different elicitors in harvested pear fruit". *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 70, no. 6, 13 de septiembre de 2005, pp. 729-734, ISSN 0175-7598, 1432-0614, DOI 10.1007/s00253-005-0125-4.
17. Rodríguez, L. E. S.; González, P. J. M. y Mayek, P. N. "La Infeción de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc. en Aguacatero (*Persea americana* Mill.): Aspectos Bioquímicos y Genéticos". *Revista Mexicana de Fitopatología*, vol. 27, no. 1, enero de 2009, pp. 53-63, ISSN 0185-3309.
18. Mena, N. G.; Valencia, D. T. G.; Piña, G. A. B.; Villanueva, A. R.; Durán, P. E. y Robles, M. F. "Degradation capacity of fungi (*Colletotrichum* sp., *Penicillium* sp. and *Rhizopus* sp.) on mangoes and oranges". *African Journal of Agricultural Research*, vol. 7, no. 32, 2012, pp. 4564-4574, ISSN 1991-637X.
19. Kamle, M.; Kumar, P.; Gupta, V. K.; Tiwari, A. K.; Misra, A. K. y Pandey, B. K. "Identification and phylogenetic correlation among *Colletotrichum gloeosporioides* pathogen of anthracnose for mango". *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, vol. 2, no. 3, julio de 2013, pp. 285-287, ISSN 1878-8181, DOI 10.1016/j.bcab.2013.04.001.
20. Onyeani, C. A.; Osunlaj, S. O.; Owuru, O. O. y Sosanya, O. S. "Mango Fruit Anthracnose and the Effects on Mango Yield and Market Values in Southwestern Nigeria". *Asian Journal of Agricultural Research*, vol. 6, no. 4, 1 de abril de 2012, pp. 171-179, ISSN 18191894, DOI 10.3923/ajar.2012.171.179.
21. López, J. M. y Castaño, Z. J. "Management of mango anthracnose [*Glomerella cingulata* (Stoneman) Spauld. & H. Schrenk] in post-harvest". *Agronomía*, vol. 18, no. 1, 2010, pp. 47-57, ISSN 0568-3076, CABDirect2.
22. Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D. y Castro, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 2015, 93 p., ISBN 978-959-7023-77-7.
23. Ploetz, R. C.; Zentmyer, G. A.; Nishijima, W. T.; Rohrbach, K. G. y Ohr, H. D. *Compendium of tropical fruit diseases*. [en línea]. vol. 8, edit. American Phytopathological Society (APS), 1994, 88 p., ISBN 0-89054-162-0, [Consultado: 2 de diciembre de 2015], Disponible en: <<http://www.cabdirect.org/abstracts/19942309422.html>>.
24. Mulkay, T.; Rodríguez, J.; Cáceres, I. y Paumier, A. "Caracterización de los daños por antracnosis en frutos de mango (*Mangifera indica* L.) a nivel de macro y ultraestructural". *Citrifrut*, vol. 22, no. 1-2-3, 2005, pp. 25-28, ISSN 1607-5072.
25. Singleton, V. L. y Rossi, J. A. "Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents". *American Journal of Enology and Viticulture*, vol. 16, no. 3, 1 de enero de 1965, pp. 144-158, ISSN 0002-9254.
26. Abbott, W. S. "A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide". *Journal of Economic Entomology*, vol. 18, no. 2, 1 de abril de 1925, pp. 265-267, ISSN 0022-0493, 1938-291X, DOI 10.1093/jee/18.2.265a.
27. Akem, C. N. "Mango Anthracnose Disease: Present Status and Future Research Priorities". *Plant Pathology Journal*, vol. 5, no. 3, 1 de marzo de 2006, pp. 266-273, ISSN 18125387, 18125425, DOI 10.3923/ppj.2006.266.273.
28. Pandey, A.; Yadava, L. P.; Mishra, R. K.; Pandey, B. K.; Muthukumar, M. y Chauhan, U. K. "Studies on the incident and pathogenesis of *Colletotrichum gloeosporioides* penz. causes anthracnose of mango". *International Journal of Science and Nature*, vol. 3, no. 2, 2012, pp. 220-232, ISSN 2229-6441, 0973-3140.
29. Cantos, E.; Espín, J. C.; Fernández, M. J.; Oliva, J. y Tomás-Barberán, F. A. "Postharvest UV-C-Irradiated Grapes as a Potential Source for Producing Stilbene-Enriched Red Wines". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 51, no. 5, 1 de febrero de 2003, pp. 1208-1214, ISSN 0021-8561, DOI 10.1021/jf020939z.
30. Kumah, P.; Appiah, F. y Opoku, D. J. K. "Effect of hot water treatment on quality and shelf-life of Keitt mango". *Agriculture and Biology Journal of North America*, vol. 2, no. 5, 2011, pp. 806-817, ISSN 2151-7517, 2151-7525, DOI 10.5251/abjna.2011.2.5.806.817.

31. Santamaría, B. F.; Díaz, P. R.; Gutiérrez, A. O.; Santamaría, F. J. y Larqué, S. A. "Control de dos especies de *Colletotrichum* causantes de antracnosis en frutos de papaya Maradol". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 2, no. 5, octubre de 2011, pp. 631-643, ISSN 2007-0934.
32. Lado, J.; Pérez, F. E.; De Nigris, A.; Dol, I. y Knochen, M. "Residuos en frutos de naranja del fungicida imazalil aplicado en postcosecha y su efecto en el control de moho verde". *Agrociencia Uruguay*, vol. 17, no. 2, diciembre de 2013, pp. 83-90, ISSN 2301-1548.
33. Talcott, S. T.; Moore, J. P.; Lounds, S. A. J. y Percival, S. S. "Ripening Associated Phytochemical Changes in Mangos (*Mangifera indica*) Following Thermal Quarantine and Low-Temperature Storage". *Journal of Food Science*, vol. 70, no. 5, 1 de junio de 2005, pp. C337-C341, ISSN 1750-3841, DOI 10.1111/j.1365-2621.2005.tb09963.x.
34. Gonzalez, A. G. A.; Villa, R. J. A.; Ayala, Z. J. F. y Yahia, E. M. "Improvement of the antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments". *Trends in Food Science & Technology*, vol. 21, no. 10, octubre de 2010, pp. 475-482, ISSN 0924-2244, DOI 10.1016/j.tifs.2010.07.004.
35. Ummarat, N.; Matsumoto, T. K.; Wall, M. M. y Seraypheap, K. "Changes in antioxidants and fruit quality in hot water-treated 'Hom Thong' banana fruit during storage". *Scientia Horticulturae*, vol. 130, no. 4, 31 de octubre de 2011, pp. 801-807, ISSN 0304-4238, DOI 10.1016/j.scienta.2011.09.006.
36. Liu, J.; Sui, Y.; Wisniewski, M.; Droby, S.; Tian, S.; Norelli, J. y Hershkovitz, V. "Effect of heat treatment on inhibition of *Monilinia fructicola* and induction of disease resistance in peach fruit". *Postharvest Biology and Technology*, vol. 65, marzo de 2012, pp. 61-68, ISSN 0925-5214, DOI 10.1016/j.postharvbio.2011.11.002.
37. Escribano, S. y Mitcham, E. J. "Progress in heat treatments". *Stewart Postharvest Review*, vol. 10, no. 3, 1 de diciembre de 2014, pp. 1-6, ISSN 1745-9656.
38. Li, X.; Zhu, X.; Zhao, N.; Fu, D.; Li, J.; Chen, W. y Chen, W. "Effects of hot water treatment on anthracnose disease in papaya fruit and its possible mechanism". *Postharvest Biology and Technology*, vol. 86, diciembre de 2013, pp. 437-446, ISSN 0925-5214, DOI 10.1016/j.postharvbio.2013.07.037.
39. Yuan, L.; Bi, Y.; Ge, Y.; Wang, Y.; Liu, Y. y Li, G. "Postharvest hot water dipping reduces decay by inducing disease resistance and maintaining firmness in muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruit". *Scientia Horticulturae*, vol. 161, 24 de septiembre de 2013, pp. 101-110, ISSN 0304-4238, DOI 10.1016/j.scienta.2013.06.041.
40. Sombardier, A.; Dufour, M.-C.; Blancard, D. y Corio, C. M.-F. "Sensitivity of *Podosphaera aphanis* isolates to DMI fungicides: distribution and reduced cross-sensitivity". *Pest Management Science*, vol. 66, no. 1, 1 de enero de 2010, pp. 35-43, ISSN 1526-4998, DOI 10.1002/ps.1827.
41. Salazar, E.; Hernández, R.; Tapia, A. y Gómez, A. L. "Identificación molecular del hongo «*Colletotrichum*» spp. aislado de banano («*Musa*» spp.) de altura en la zona de Turrialba y determinación de su sensibilidad a fungicidas poscosecha". *Agronomía costarricense: Revista de Ciencias Agrícolas*, vol. 36, no. 1, 2012, pp. 53-68, ISSN 0377-9424.
42. Guillén, F.; Garrido, D. V.; Coll, P. J. Z.; Serrano, M. S.; Valverde, J. M.; Mula, H. M. D.; García, S. C. y Romero, D. M. "Desarrollo de un envase activo para mejorar la calidad de ciruela y mantener sus propiedades antioxidantes". *Horticultura Global*, no. 305, 2012, pp. 60-66, ISSN 2173-5042.
43. Zhang, Z.; Tian, S.; Zhu, Z.; Xu, Y. y Qin, G. "Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and resistance of jujube (*Zizyphus jujuba* cv. Huping) fruit against postharvest disease". *LWT - Food Science and Technology*, vol. 45, no. 1, enero de 2012, pp. 13-19, ISSN 0023-6438, DOI 10.1016/j.lwt.2011.07.030.
44. González, E. M.; Fernández, A. E. L.; Páez, H. R.; Oca, M. M. M. de y Gómez, B. T. "Uso combinado de 1-Metoxiciclopropeno y emulsiones de cera en la conservación de guanábana (*Annona muricata*)". *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 36, no. SPE1, 2014, pp. 296-304, ISSN 0100-2945, DOI 10.1590/S0100-29452014000500035.
45. Desjardins, Y. "Physiological and ecological functions and biosynthesis of health-promoting compounds in fruit and vegetables". En: Tomás B. F. A. y Gil M. I., *Improving the Health-Promoting Properties of Fruit and Vegetable Products*, edit. Elsevier, USA, 23 de abril de 2008, pp. 201-247, ISBN 978-1-84569-428-9.
46. Pourcel, L.; Routaboul, J.-M.; Cheynier, V.; Lepiniec, L. y Debeaujon, I. "Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological functions". *Trends in Plant Science*, vol. 12, no. 1, 1 de enero de 2007, pp. 29-36, ISSN 1360-1385, DOI 10.1016/j.tplants.2006.11.006.

Recibido: 13 de diciembre de 2014

Aceptado: 2 de septiembre de 2015