

Evaluación microbiológica de recubrimientos a base de almidón extraído de frutos tropicales durante el almacenamiento postcosecha

Microbiological evaluation of coatings starch-based extracted from tropical fruits during postharvest storage

Hernández Guerrero, S. E.¹ Balois-Morales, R.1, ^{2*} López-Guzmán, G.G.² ,
Bautista Rosales, P. U.^{1,2} Jiménez Zurita, J. O¹ ,López Rivas, C. E.²

RESUMEN

¹ Unidad de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Nayarit. Avenida de la Cultura S/N Centro, Tepic, Nayarit. México. C.P. 63000. Tel: 01(311) 2118800 ext. 8963.

² Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela km. 9. C.P. 63780. Xalisco, Nayarit. México

Los recubrimientos a base de almidón, además de poseer propiedades organolépticas, permiten el intercambio de gases. El objetivo fue evaluar la actividad microbiológica de recubrimientos a base de almidón extraído de frutos de plátano, mango y guanábana, aplicados a frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico durante su almacenamiento postcosecha. A partir de un lote de frutos de mango, se seccionaron segmentos de 1 cm² de tejido afectado, colocándolos en agar papa dextrosa e incubándolos por un periodo de siete días y seleccionando cepas. Se realizó una prueba de patogenicidad, inoculando los frutos con 10 µL de una suspensión de esporas de 1x10⁶ mL⁻¹ de cada una de las cepas previamente aisladas (ocho) asignándoles la nomenclatura CP (Cepa Patógena); seleccionando e identificando morfológicamente la CP de alta agresividad, evaluando los daños cualitativa y cuantitativamente. Se hizo una evaluación microbiológica *in vivo* con frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico recubiertos con almidón al 2 % (p/v) e inoculados (CP₃). Se observaron daños moderados (en frutos testigo) y ligeramente visibles en frutos recubiertos e inoculados. El recubrimiento de mango redujo el daño en un 66.91 % por CP₃ hasta los ocho días de almacenamiento. Los recubrimientos a base de almidón de productos hortícolas coadyuvan a disminuir los daños ocasionados por microorganismos durante el manejo postcosecha.



Please cite this article as/Como citar este artículo: Hernández Guerrero, S. E., Balois-Morales, R., LópezGuzmán, G. G., Bautista Rosales, P. U., Jiménez Zurita, J. O., López Rivas, C. E. (2023). Microbiological evaluation of coatings starch-based extracted from tropical fruits during postharvest storage. *Revista Bio Ciencias*, 10, e1475. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1475>

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: February 23th 2023.

Accepted/Aceptado: May 27th 2023.

Available on line/Publicado: July 07th 2023.

PALABRAS CLAVE: Antracnosis, *Colletotrichum sp.*, *estenospermocarpia*, *Mangifera indica*, patogenicidad.

*Corresponding Author:

Rosendo Balois-Morales. Unidad de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura S/N. C. Postal 63000, Tepic, Nayarit, México. Teléfono: 311 103 52 59 E-mail: rbalois@uan.edu.mx

ABSTRACT

Starch-based edible coatings, in addition to preserving organoleptic properties, also allow for gas exchange. This study aimed to evaluate the microbiological activity of three starch-based coatings. Starch was extracted from banana, mango, and soursop fruit and applied to stenopermocarpic 'Ataulfo' mango fruit during postharvest storage. From a batch of mango fruit, 1 cm² segments of affected tissue were sectioned, placed on potato dextrose agar, and incubated for seven days and selecting strains. A pathogenicity test was carried out by inoculating fruit with 10 µL of a spore suspension at 1x10⁶ mL⁻¹ of each of the eight previously isolated strains. These were labeled CP (Pathogenic Strain). A highly aggressive strain was morphologically identified and selected for qualitative and quantitative damage evaluation. An *in vivo* microbiological evaluation was made using stenopermocarpic 'Ataulfo' mango fruit coated with 2 % (w/v) starch and inoculated with CP₃. Moderate damage was observed in the control fruit and slight visible damage was observed in the coated and inoculated fruit. Mango coating inhibited the CP₃ strain damage by 66.91 % at eight days of storage. Starch-based coatings for horticultural products help to reduce damage caused by microorganisms during postharvest handling.

KEY WORDS: Anthracnose, *Colletotrichum* sp., *Mangifera indica*, pathogenicity, stenopermocarpy.

Introducción

Las plantas de mango (*Mangifera indica* L.) de la familia de las Anacardiaceae, especie de mayor importancia económica, cuyos frutos tienen una aceptación mundial para consumo en fresco debido a su característico olor, sabor y aspectos nutricionales (Le *et al.*, 2022). Los principales países productores de este frutal son México, Tailandia, Brasil, Perú y Países bajos (FAOSTAT, 2020). En el 2021, México fue el país de mayor exportación en mango con una producción de 1' 096,690.89 t (SIAP, 2021) la cual se basa principalmente en los cultivares de 'Tommy Atkins' (11, 314.99 t), Manila (17, 702.31 t) y 'Ataulfo' (43,175.36 t); en donde el 'Ataulfo' se distingue por sus excelentes características organolépticas. Las principales entidades productoras de mango 'Ataulfo' son Chiapas (208,484.64 t) y Nayarit (110, 307.40 t) de acuerdo a lo reportado por SIAP (2021). Si bien existen diversos factores que ocasionan la pérdida de los frutos en la postcosecha, se ha documentado que la principal causa son los hongos fitopatógenos (Zhang *et al.*, 2021). Los frutos de origen tropical presentan problemas durante su almacenamiento postcosecha; se han estimado pérdidas de un 30 – 50 % por hongos y bacterias (Danh *et al.*, 2021; Choudhury *et al.*, 2018). La mayoría de los hongos patógenos típicos de la postcosecha, causan daño en el tejido del huésped por medio de las enzimas o toxinas que degradan la pared celular; posteriormente,

absorben los nutrientes de las células muertas del huésped causando la descomposición de los tejidos (Dukare *et al.*, 2019). Dentro de los principales hongos patógenos que se presentan en la postcosecha se incluyen *Botrytis cinerea*, *Penicillium* spp., *Monilinia* spp., *Alternaria alternata*, *Rhizopus stolonifer*, *Trichothecium roseum*, *Fusarium* spp., *Colletotrichum* spp. entre otros (Zhang *et al.*, 2021). *Colletotrichum* spp. es el agente causal de la antracnosis, enfermedad que ataca al mango 'Ataulfo', el 60 % de la producción de frutos son afectados (Tovar-Pedraza *et al.*, 2020).

La vía de infección del *Colletotrichum* spp. es por penetración directa, permaneciendo inactivo y causando infecciones latentes, interrumpiéndose el periodo de latencia cuando el fruto alcanza el pico climatérico, lo que afecta los parámetros de calidad disminuyendo su valor comercial (Sivakumar *et al.*, 2021). La antracnosis es controlada con fungicidas químicos que son utilizados de manera indiscriminada durante la pre y postcosecha, generando restricciones sobre su uso debido a los efectos tóxicos, induciendo además, el desarrollo de resistencia en el patógeno, lo que causa un impacto negativo al ambiente y salud pública (Danh *et al.*, 2021; Hu *et al.*, 2014). Debido a una mayor concientización en los consumidores respecto a los residuos químicos en los alimentos, se ha motivado a la búsqueda de alternativas naturales y respetuosas con el medio ambiente; siendo el uso de recubrimientos comestibles una de las tecnologías que ha emergido para el control de enfermedades en postcosecha así como extender la vida de anaquel de los productos (Romanazzi & Moumni, 2022; Sapper & Chiralt, 2018). Un recubrimiento comestible es una matriz continua delgada que se aplica a la superficie del alimento creando una atmósfera modificada en el fruto debido a una barrera que se produce en el intercambio de gases y el control de la pérdida de agua, además de disminuir la tasa de respiración, el oscurecimiento enzimático y la liberación de los compuestos volátiles al medio ambiente, mejorando la apariencia y manteniendo la integridad del fruto (Armghan *et al.*, 2022; Oyom *et al.*, 2022). Los recubrimientos comestibles se elaboran de proteínas, lípidos, polisacáridos y la mezcla de éstos. Los polisacáridos pueden obtenerse de plantas y especies marinas (crustáceos, algas rojas y café), de éstos, los que mayormente demanda la industria son la celulosa, almidones, alginatos, polulano, quitosanos, gomas y carrageninas (Kocira *et al.*, 2021). El almidón es el biopolímero que ha llamado la atención a la industria por su aceptable estética, biodegradabilidad y propiedades termoplásticas; contiene cantidades de amilosa considerables, lo que afecta de manera positiva sus propiedades formadoras de recubrimientos y películas comestibles, es de bajo costo y abunda en la naturaleza. Los recubrimientos a base de almidón poseen propiedades organolépticas (inodoros e insípidos), ópticas (transparentes e incoloras) además de una buena barrera en el intercambio de los gases (CO₂ y permeabilidad al O₂) debido a la disposición de la red de enlaces de hidrógeno (Singh *et al.*, 2022; Oyom *et al.*, 2022; Hassan *et al.*, 2018). Oliveira *et al.* (2016) realizaron una investigación (Short note) en donde utilizaron cuatro concentraciones de almidón de yuca (*Manihot esculenta*) (1, 2, 3 y 4 %) como recubrimiento comestible para el control de la antracnosis en papaya (*Carica papaya*); reportando que, el recubrimiento elaborado con almidón al 2 % de yuca, fue el recubrimiento de mayor eficacia en el control de la antracnosis debido al menor costo aún considerando que las cuatro concentraciones presentaron un control de la antracnosis del 100 %. En otro estudio realizado por De Freitas *et al.* (2022) evaluaron el efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón de yuca y de maíz (*Zea mays*); y la combinación de éstos a concentraciones de 1, 2, 3 y 4 % para el control de antracnosis en frutos de aguacate (*Persea americana* Mill.). Los frutos fueron recubiertos por inmersión e

inoculados artificialmente con una suspensión conidial del patógeno causante de la antracnosis. Los investigadores reportaron que el recubrimiento de almidón de yuca al 2 y 3 % combinado con almidón de maíz fue eficiente para restringir el aumento en las áreas lesionadas en los frutos de aguacate por antracnosis. Por lo anterior expuesto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la actividad microbiológica de recubrimientos a base de almidón extraído de frutos de plátano 'Pera', guanábana y mango 'Ataulfo' estenospermocárpico, aplicados a frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico durante su almacenamiento postcosecha.

Material y Métodos

Material vegetal

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de análisis de microbiología de la Unidad de Tecnología de Alimentos (UTA), de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN) durante el ciclo primavera-verano, 2021. Los frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico utilizados en el presente estudio, fueron cosechados en madurez fisiológica de la zona de Atonalisco, municipio de Tepic, Nayarit, ubicada a 234 masl con coordenadas 21° 42' LN, 104 ° 51' LO y transportados a la UTA de la UAN el mismo día de la cosecha. Los frutos se lavaron con agua de grifo y pasados por agua con hipoclorito de sodio (NaClO) al 2 % por un lapso de 10 min, se enjuagaron con agua destilada y posteriormente se dejaron secar por 30 min a temperatura ambiente.

Aislamiento del hongo causal de la antracnosis

Los patógenos fueron aislados a partir de 10 frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico que fueron comprados en el mercado de abastos de Tepic, Nayarit en madurez fisiológica sin daños mecánicos visibles o signos de enfermedad. Los frutos fueron lavados con agua de grifo, pasados por agua con hipoclorito de sodio (NaClO) al 2 % por un lapso de 10 min, se enjuagaron con agua destilada y posteriormente se dejaron secar por 30 min a temperatura ambiente y se incubaron a 28 °C y a una humedad relativa (HR) mayor del 90 %. Una vez que los frutos desarrollaron signos de enfermedad, se tomaron segmentos de 1 cm² de tejido afectado y no afectado (50 %). Los segmentos se desinfectaron con NaClO al 1 %, por inmersión (3 min) y se lavaron tres veces con agua estéril con la finalidad de remover los residuos de NaClO; se dejaron secar en papel absorbente estéril para retirar el agua excedente. Posteriormente, el tejido fue colocado en el centro de cajas Petri con agar-papa-dextrosa (PDA Dibico^{MR}), a continuación, fueron incubados por siete días a 28 °C realizando resiembras frecuentes para la obtención y conservación de las cepas puras (Mulkay *et al.*, 2010).

Preparación del inóculo

Se obtuvieron un total de ocho cultivos monospóricos. A cada una de las cepas aisladas se le asignaron las siglas CP con un subíndice, las cuales se utilizaron como inóculo en la prueba de patogenicidad. A cada cultivo monospóricos obtenido de ocho días de crecimiento en PDA, se le agregaron 10 mL de agua destilada estéril, para después ser raspada y agitada hasta la

desintegración de la colonia en un Agitador (Vortex-Genie II Mixer SI-0236, USA) a 600 rpm por un periodo de 30 s. Una vez obtenida la suspensión, esta fue decantada y filtrada a través de una gaza estéril en un tubo de vidrio estéril. Se colocó una alícuota de la suspensión de esporas de 10 μL por campo de una cámara de Neubauer. Se utilizó la siguiente ecuación para el cálculo de la suspensión de esporas a la concentración deseada.

$$\text{Número total de células} = \frac{\text{No.de esporas} \times \text{dilución} \times 10^4}{\text{No.áreas mm}^2 \text{ contadas mm}^2} \quad (\text{Eq. 1})$$

La concentración de la suspensión de esporas fue ajustada a 1×10^6 de esporas mL^{-1} cuando fue necesario (Oliveira *et al.*, 2016). Así mismo, en la evaluación microbiológica *in vivo*, se llevó a cabo el mismo procedimiento para preparación del inóculo de la cepa que presentó la mayor patogenicidad.

Prueba de patogenicidad

La importancia de la prueba de patogenicidad o Postulados de Koch radica en que los síntomas presentes en un hospedero infectado de manera artificial deberían coincidir con los síntomas (rasgos morfológicos y biológicos relevantes) que los inicialmente observados en un hospedero infectado de manera natural (Danh *et al.*, 2021). En este bioensayo, se seleccionaron 36 frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico con cuatro repeticiones por patógeno. Los frutos visualmente sanos en estado de madurez fisiológica fueron lavados y desinfectados con una solución de NaClO al 2 % durante dos minutos para posteriormente ser enjuagados y dejarlos secar a temperatura ambiente. Se realizaron dos heridas al fruto con un punzón estéril de 0.4 mm de diámetro. Posteriormente, los frutos fueron inoculados con una suspensión conidial de 1×10^6 de esporas mL^{-1} de cada uno los microorganismos previamente aislados y de 8 d después de la siembra en medio de cultivo PDA. Se inocularon cuatro frutos por cada organismo y cuatro frutos se usaron como frutos testigo. Los frutos se colocaron a 28°C y una HR ≥ 90 %, condiciones adecuadas para la fructificación del patógeno. Se seleccionó el patógeno que presentó mayor agresividad, evaluando los daños de manera cualitativa (observación) y cuantitativa mediante la medición diaria del diámetro de la lesión utilizando un vernier (pie de rey) y documentando el desarrollo del microorganismo, así como la severidad del síntoma con base al diámetro de la lesión (Gañan *et al.*, 2015). El área de daño causada por el patógeno fue calculada mediante la siguiente fórmula y fue expresada en cm^2 :

$$A = \pi r^2 \quad (\text{Eq. 2})$$

Donde A es el área del daño causada por el patógeno, π es la constante 3.1416 y r^2 es el radio del sitio afectado en mm.

Identificación morfológica

Para la identificación morfológica de la especie de mayor patogenicidad, se realizaron observaciones macroscópicas y microscópicas del cultivo aislado. El patógeno se identificó macroscópicamente documentando las características observadas del cultivo tales como

el color, textura y tasa de crecimiento del patógeno. Para la identificación microscópica, se observaron estructuras tales como forma de conidia, formación del apesorio y micelio, así como cualquier otra estructura que pudiera identificar al patógeno; para ello, se realizaron tres microcultivos colocando 20 μL de medio PDA en un portaobjetos que fue inoculado con el patógeno una vez solidificado el medio de cultivo. Se colocó una gaza en el fondo de la caja Petri agregando 2 mL de agua destilada y estéril para crear las condiciones adecuadas para la proliferación del patógeno. Los microcultivos se incubaron a 28 °C por 6 d; posteriormente, se observaron las estructuras del patógeno en un microscopio Motic modelo BA310 (Motic, British Columbia, Canadá) con el objetivo 40X del hongo no reconocido que fue utilizado para la inoculación en la prueba de patogenicidad y evaluación microbiológica *in vivo* (Barrientos-Martínez *et al.*, 2022).

Evaluación microbiológica *in vivo*

En la evaluación microbiológica *in vivo*, se utilizaron 160 frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico en madurez fisiológica seleccionando los frutos por tamaño uniforme y color homogéneo, descartándose aquellos que presentaban daños físicos, mecánicos o alguna afectación fitopatológica. Los frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico fueron lavados y desinfectados con NaClO al 2 % para después ser enjuagados y dejarlos secar a temperatura ambiente. A los frutos visualmente sanos se les realizó una herida en el epicarpio de 0.4 mm de diámetro con un punzón estéril. Los frutos fueron recubiertos con almidón al 2 % (p/v), extraído de los frutos de plátano 'Pera', guanábana y mango 'Ataulfo' estenospermocárpico. Una vez recubiertos los frutos, se dejaron secar a temperatura ambiente por una hora. Posteriormente, los frutos fueron inoculados artificialmente. El sitio de la herida se inoculó con 10 μL de suspensión conidial del patógeno que presentó la mayor severidad de daño en el fruto a una concentración de 1×10^6 de conidias mL^{-1} . Los controles negativos se trataron con 10 μL de agua destilada (Tabla 1). Una vez inoculados los frutos, se colocaron en una cámara húmeda a temperatura de 28 °C y a una humedad relativa > 80 % (Mulkay *et al.*, 2010). Los frutos se evaluaron mediante la observación y medición del daño del fruto en la cutícula y manchas de color marrón oscuras que se manifiestan debido a los desórdenes fisiológicos producidos por los microorganismos. Las evaluaciones se hicieron de acuerdo con la siguiente escala: 0 = daño no visible; 1 = ligeramente visible (≤ 25 % de la cutícula); 2 = moderado (26-50 % de la cutícula); y 3 = severo (> 50 % de la cutícula) (Palou *et al.*, 2007). La herida se midió en mm utilizando un vernier o pie de rey. Se observó y documentó el desarrollo del patógeno y la aparición de signos de patogenicidad. El porcentaje de inhibición fue calculado utilizando la siguiente ecuación:

$$\% I = \frac{R1-R2}{R1} \times 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

Donde R1 es el crecimiento radial del patógeno en la ausencia de inhibición (control positivo), R2 es la disminución del crecimiento radial del patógeno en comparación a R1 lo que refleja la inhibición de la colonia opuesta; % I indica el crecimiento radial de la colonia que es inhibida en presencia de la colonia opuesta (Jacobs *et al.*, 2003)

Análisis estadístico

Se realizó un análisis multivariado por el método de Bonferroni, con un $\alpha \leq 0.005$ utilizando la prueba de Bartlett para varianzas iguales. En el análisis de varianza (ANOVA) se consideró como variable dependiente el área de daño provocado por el patógeno. Se utilizó el software STATA 11. El estudio consistió en un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial (3x2) en donde se generaron 6 tratamientos con dos testigos (positivo y negativo) con un total de 8 tratamientos. En este bioensayo se utilizaron 20 frutos por tratamiento; los tratamientos fueron distribuidos como se muestra en el Tabla 1.

Tratamientos

Tabla 1. Tratamientos generados en el estudio de investigación

Tratamiento	Recubrimiento de almidón al 2 %	Inoculación del patógeno CP ₃
T1	Plátano 'Pera'	No
T2	Plátano 'Pera'	Si
T3	Guanábana	No
T4	Guanábana	Si
T5	Mango 'Ataulfo' estenospermocárpico	No
T6	Mango 'Ataulfo' estenospermocárpico	Si
T7	Sin recubrimiento (control negativo)	No
T8	Sin recubrimiento (control positivo)	Si

Resultados y Discusión

Aislamiento del hongo agente causal de la antracnosis

Las cepas fúngicas que causaron el mayor daño a los frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico fueron comparadas y seleccionadas de acuerdo con la descripción de las lesiones de enfermedad de la antracnosis reportada por Sivakumar *et al.* (2021). Se obtuvieron un total de ocho aislados monoconidiales a los que se les asignó la nomenclatura: CP₂, CP₃, CP₄, CP₅, CP₆, CP₇, CP₈ y CP₉.

Prueba de patogenicidad

Los síntomas de la antracnosis en un fruto se manifiestan como lesiones hundidas de color marrón oscuro a negro; así mismo, cuando el fruto es expuesto a una humedad relativa alta, aparecen esporas prominentes de color rosado - naranja en las lesiones (Sivakumar *et al.*, 2021; Tovar-Pedraza *et al.*, 2020). En la Figura 1, se puede observar que los signos de enfermedad se

presentaron a partir del cuarto día en frutos que fueron inoculados artificialmente, con excepción de CP₃, siendo el patógeno que presentó el mayor daño. Los daños visuales presentados por la cepa patógeno CP₃, fueron moderados a los 8 d después de la inoculación (26 - 50 % de la cutícula) de acuerdo con Palou *et al.* (2007), presentando los signos de enfermedad a partir del segundo día. La patogenicidad del hongo que fue aislado fue confirmada, ya que los frutos inoculados presentaron síntomas típicos de la enfermedad de la antracnosis (lesiones hundidas de color café oscuras a negras), similares al patógeno que infectó al fruto de manera natural, provocados por la cepa aislada asignada como CP₃ cumpliéndose así los postulados de Koch. Estos resultados coinciden con los presentados por Camargo-Piñeres *et al.* (2021).

En el análisis resultante de la prueba de patogenicidad (Figuras 2 y 3), se localizaron las cepas CP₂, CP₄, CP₅, CP₇ y CP₉ dentro del grupo **a**, las cuales se comportaron de manera similar a los frutos control (CP₁). En el grupo **b**, se localizaron las tres cepas con mayor patogenicidad: CP₃, CP₆ y CP₈; encontrándose diferencia significativa de CP₆ y CP₈ con respecto a CP₃, siendo CP₃ la que presentó mayor patogenicidad (CP₈ < CP₆ < CP₃), misma que se re-aisló y conservó para su posterior uso.

Los daños causados en las cepas CP₃, CP₆ y CP₈, probablemente se deban a las condiciones climáticas a las que fueron expuestos los frutos una vez que fueron inoculados; mismas que favorecen el desarrollo y crecimiento del patógeno (25 - 28 °C y una HR > 90 %). En el grupo **c** se localizaron CP₆ y CP₂ las cuales se comportaron de manera similar entre ellas presentando diferencias significativas con el resto de los grupos.

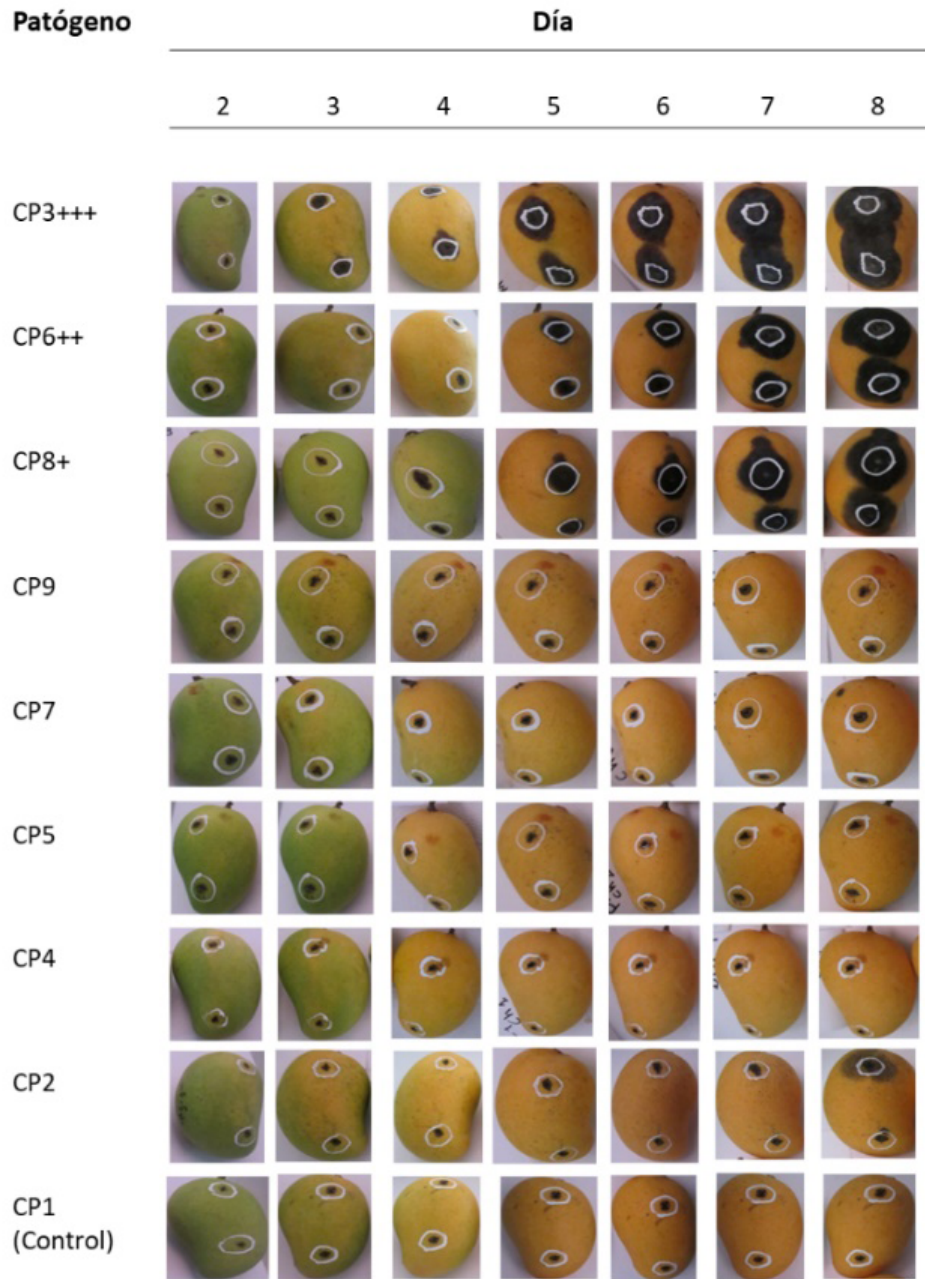


Figura 1. Prueba de patogenicidad. CP nomenclatura asignada a las cepas patogénicas. Cepa de mayor patogenicidad (CP+++), cepa de patogenicidad intermedia (CP++), cepa de menor patogenicidad (CP+).

En el Tabla 2, se muestra la correlación entre cada uno de los microorganismos fitopatógenos que dañaron los frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico.

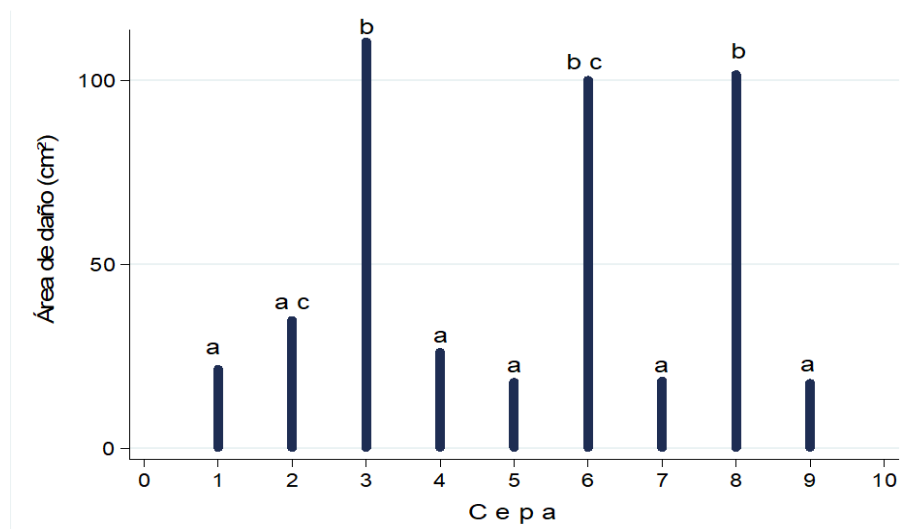


Figura 2. Daño del fruto por microorganismos patógenos inoculados en frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico para la prueba de patogenicidad. Literales distintas difieren estadísticamente ($P < 0.001$).

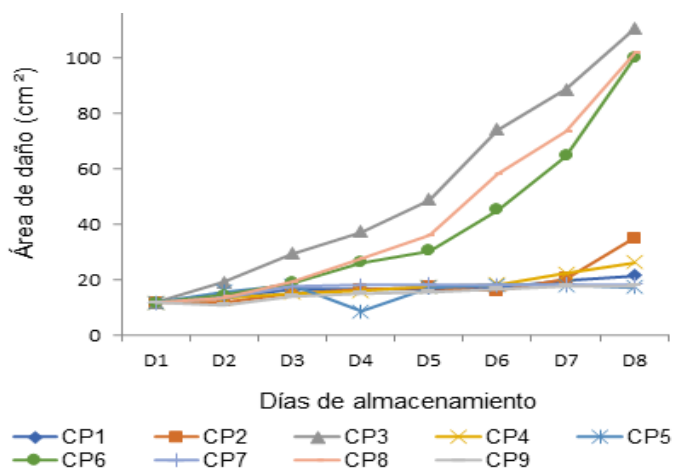


Figura 3. Comportamiento de los microorganismos patógenos inoculados en frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico para la prueba de patogenicidad por día de almacenamiento.

Las siglas CP es la asignación dada a cada uno de los patógenos aislados.

Tabla 2. Correlación de área de daño por cepa de microorganismo fitopatológico mediante el método de Bonferroni.

Cepa	CP ₁	CP ₂	CP ₃	CP ₄	CP ₅	CP ₆	CP ₇	CP ₈
CP ₂	1.22719 (1.0) a							
CP ₃	35.728 (0.014)	34.5006 (0.021)						
CP ₄	0.93662 (1.0) a	-0.29452 (1.0) a	-34.7951 (0.019)					
CP ₅	-0.736313 (1.0) a	-1.9635 (1.0) a	-36.4641 (0.011)	-1.66898 (1.0) a				
CP ₆	22.4821 (0.775)	21.2549 (1.0) c	-13.2457 (1.0) b	21.5494 (0.983)	23.2184 (0.639)			
CP ₇	0.245437 (1.0) a	-0.98175 (1.0) a	-35.7823 (0.015)	-0.687225 (1.0) a	0.98175 (1.0) a	-22.2366 (0.825)		
CP ₈	26.1145 (0.289)	24.8874 (0.407)	-9.6132 (1.0) b	25.1819 (0.375)	26.8509 (0.234)	3.63247 (1.0) b	25.8691 (0.309)	
CP ₉	-2.06168 (1.0) a	-3.28886 (1.0) a	-37.7894 (0.007)	-2.99434 (1.0) a	-1.32536 (1.0) a	-24.5437 (0.447)	-2.30711 (1.0) a	-28.176 (0.158)

*Valores con literales distintas difieren estadísticamente ($P < 0.05$) utilizando la prueba de Bartlett para varianzas iguales.

El daño causado por el patógeno de mayor agresividad (CP₃) en un fruto de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico se muestra en las figuras 4A y 4B.

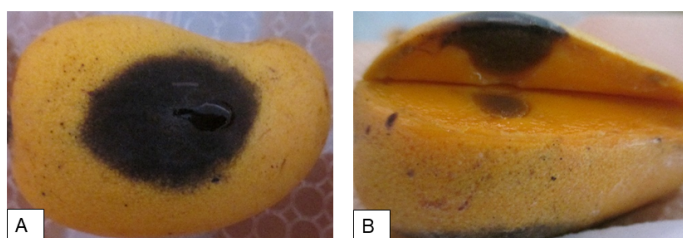


Figura 4. Fruto de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico inoculado con el patógeno CP₃ que presentó mayor agresividad en el día 7: A) Lesión en fruto entero afectado B) Corte longitudinal del fruto afectado internamente.

Identificación morfológica

En medio de cultivo PDA, macroscópicamente, el aislado del patógeno CP₃, presentó en el anverso (Figura 5Aa), centro de color café-rosado con anillo central de beige a crema y con micelio aéreo blanco algodonoso denso, mientras que, en el reverso (Figura 5Ab), el patógeno presentó una apariencia de centro blanco-grisáceo con puntos negros y anillos concéntricos. Microscópicamente, se observaron esporas unicelulares y cilíndricas con extremos redondeados y algunas con extremos un poco estrecho. Las medidas de las conidias oscilaron entre los 10 ~11.53 µm x 3 ~ 4.5 µm (n=25) (Figura 5B). El patógeno presentó la fase teleomorfa sexual o perfecta de *Colletotrichum* sp., aporiosos melanizados de color marrón oscuro, ovados, ligeramente irregulares o lobulados (Figura 5Ca y 5Cb respectivamente) y micelio abundante y septado (Figura 5D). Se observó además que CP₃ posee una alta capacidad de esporulación, lo que aumenta su capacidad de sobrevivencia y rápido desarrollo de infecciones subsecuentes (Gutiérrez-Alonso *et al.*, 2003).

Kim *et al.* (2009) aislaron un total de 82 especies de *Colletotrichum* identificando sus características culturales y morfológicas en donde 26 de los aislamientos de *C. gloeosporioides* produjeron su teleomorfo *Glomerella cingulata* en medio de cultivo PDA, coincidiendo algunas de la principales características morfológicas de dicho estudio con los de la presente investigación, infiriendo que el patógeno CP₃ es una especie del género *Colletotrichum*, agente causal de la antracnosis.

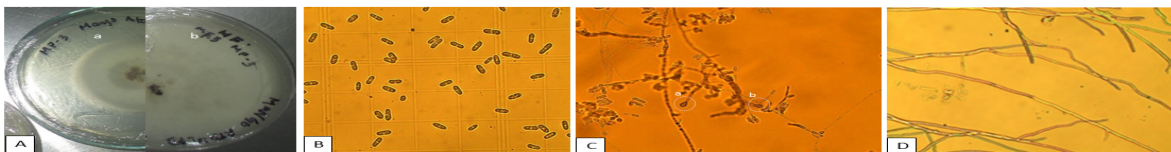


Figura 5. Descripción macroscópica de *Colletotrichum* sp.: A) cepa aislada y causante del mayor daño en los frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico. a) Anverso y b) reverso. Descripción microscópica de *Colletotrichum* sp. B) Conidias C) a) Fase teleomorfa sexual o perfecta de *Colletotrichum* sp. (*Glomerella cingulata*) b) aporiosio D) Micelio.

Evaluación microbiológica *in vivo*

En el análisis de varianza, se consideró como variable dependiente el área de daño provocado por el patógeno causante de antracnosis encontrando diferencias significativas entre los grupos ($F = 13.1$, $p < 0.001$) donde se aplicó la prueba de Bartlett para varianzas iguales para la determinación de grupos concretos.

En el grupo (a) se localizaron los tratamientos 1, 3 y 5 (recubrimiento de plátano 'Pera', guanábana y mango 'Ataulfo' estenospermocárpico sin patógeno) los cuales tuvieron un comportamiento similar al tratamiento 7 (control negativo: frutos sin recubrimientos y sin patógeno respectivamente) observándose un daño mínimo en los mismos (Figura 5). En el grupo (b), se localizaron los tratamientos 2, 4 y 6 (plátano 'Pera', guanábana y mango 'Ataulfo' estenospermocárpico con patógeno). Dentro de este grupo, los daños causados por *Colletotrichum* sp. fueron notables. Los tratamientos del grupo (c) T5 y T6 (recubrimiento de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico sin y con patógeno) se comportaron de manera similar entre ellos. Los intervalos de daño que se presentaron dentro de estos dos grupos fueron de T5 = 12.88, 13.86, 14.23 y 23.17 cm² de área dañada en los días 5, 6, 7 y 8 respectivamente y T6 = 21.68, 29.61, 46.89 y 57.21 cm² de área dañada en los días 5, 6, 7 y 8 respectivamente. Es decir, el T6 fue el que presentó una menor susceptibilidad al patógeno en un 66.91 % con respecto al testigo T8 (control positivo: frutos sin recubrimientos con patógeno) el cual presentó daños de 172.90 cm² en octavo día de almacenamiento mientras que los tratamientos T2 y T4 inhibieron un 42.68 y 46.44 % respectivamente. Finalmente, los frutos del T8 se localizaron dentro del grupo (d) (control positivo: frutos sin recubrimiento con patógeno). Estos frutos fueron los que sufrieron severos daños presentando una diferencia significativa con el resto de los grupos.

Por otra parte, la Figura 6, muestra que los daños en los frutos a partir del cuarto día con un incremento del daño notable a partir del sexto día en los frutos que fueron recubiertos e inoculados; distinguiéndose un menor daño en los frutos de los tratamientos que fueron recubiertos y que no fueron inoculados con el patógeno CP₃.

La Figura 7, muestra los daños ocasionados por antracnosis en los frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico que fueron tratados con almidón al 2 % de frutos de plátano 'Pera', guanábana y mango 'Ataulfo' estenospermocárpico por día de almacenamiento en la que se observan daños moderados en los frutos en presencia del patógeno y daños ligeramente visibles en frutos a los que se les aplicó el recubrimiento, pero que no fueron inoculados, pese a que se les realizó una herida en el epicarpio a los frutos, lo que propicia las condiciones favorables para que el patógeno se introduzca en el tejido del fruto (Figura 8).

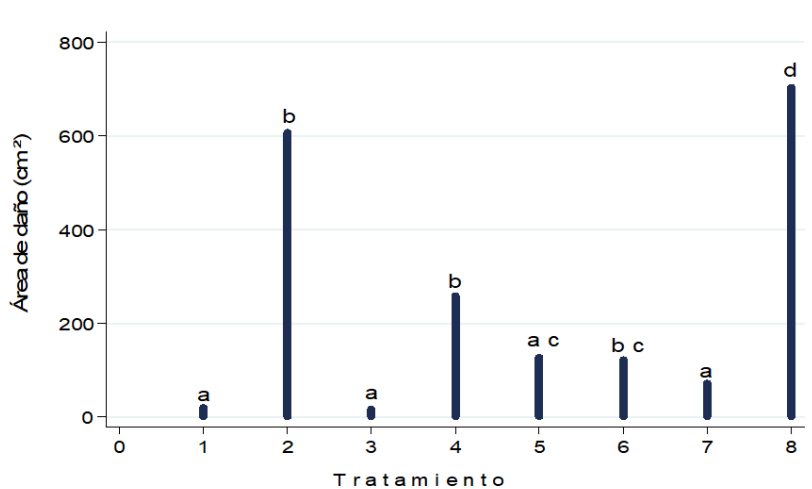


Figura 6. Daño ocasionado por *Colletotrichum* sp. en frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocarpico con recubrimiento a base de almidón al 2 %. Literales distintas difieren estadísticamente ($P < 0.001$).

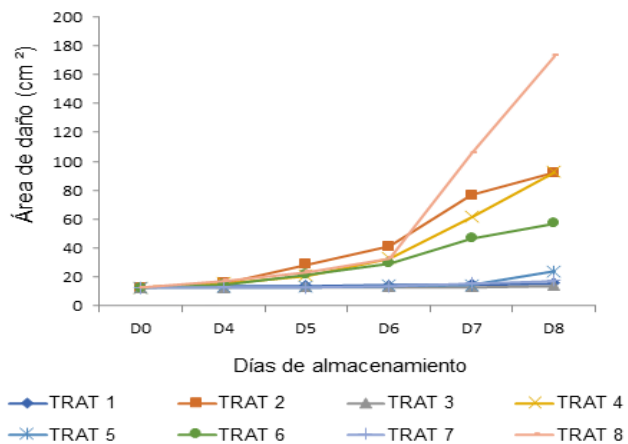


Figura 7. Daño ocasionado por *Colletotrichum* sp. en frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico con recubrimiento a base de almidón al 2 % por día de almacenamiento.

































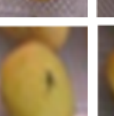
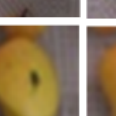
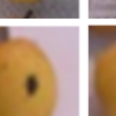
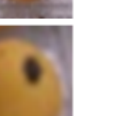

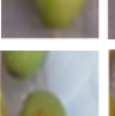
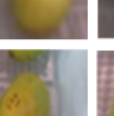




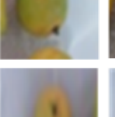
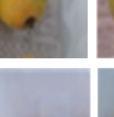

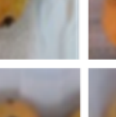
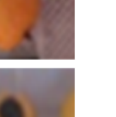
Tratamiento	Día					
	0	4	5	6	7	8
T1						
T2						
T3						
T4						
T5						
T6						
T7						
T8						

Figura 8. Daño patológico por tratamiento: T1, T3 y T5 (recubrimiento de plátano ‘Pera’, guanábana y mango ‘Ataulfo’ estenospermocárpico sin patógeno respectivamente), T7(control negativo: frutos sin recubrimientos y sin patógeno) y T8 (control positivo: frutos sin recubrimiento e inoculado con patógeno).

En el Tabla 3, se muestra la correlación entre cada uno de los microorganismos fitopatógenos que dañaron los frutos de mango 'Ataulfo' estenospermocárpico.

Tabla 3. Correlación de tratamientos de área de daño por tratamiento mediante el método de Bonferroni.

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T2	29.2335 (0.001)						
T3	-1.15929 (1.0) ^a	-30.3928 (0.0)					
T4	24.6845 (0.0)	-4.54891 (1.0) ^b	25.8438 (0.006)				
T5	1.22224 (1.0) ^a	-28.0112 (0.004)	2.38154 (1.0) ^a	-23.4623 (0.039)			
T6	16.0518 (0.545)	-13.1817 (1.0) ^b	17.2111 0.387	-8.63277 (1.0) ^b	14.8295 (1.0) ^c		
T7	-0.268608 (1.0) ^a	-29.5012 (0.001)	0.890687 (1.0) ^a	-24.9531 (0.009)	-1.49085 (1.0) ^c	-16.3204 (0.518)	
T8	46.5928 (0.00)	17.3594 (0.333)	47.7521 (0.000)	21.9083 (0.041)	45.3706 (0.00)	30.5411 (0.0)	46.8614 (0.0) ^d

*Valores con literales distintas difieren estadísticamente ($P < 0.05$) utilizando la prueba de Bartlett para varianzas iguales.

Ali *et al.* (2020) realizaron una búsqueda acerca de materiales a base de almidón con efecto antimicrobial en donde reportaron que el almidón ha sido reconocido como el más importante de varios polímeros en el campo de la industria de alimentos debido a su biodegradabilidad, biocompatibilidad, propiedades comestibles y sostenibilidad; sin embargo, mencionan que presenta limitaciones para ser utilizado en el envasado de alimentos debido a sus reducidas características mecánicas, de barrera y de procesamiento. Los autores mencionan que para reducir dichas limitaciones, se utilizan diferentes plastificantes que son mezclados con el almidón además de la inclusión de materiales como arcilla, óxido de zinc, dióxido de titanio y óxido de magnesio lo cual puede mejorar la barrera microbiana y la estabilidad física, química, mecánica y térmica del almidón aludiendo que los aceites extraídos de las plantas proporcionan propiedades antimicrobianas buenas y seguras. Los autores concluyen que diferentes materiales nanocompuestos a base de almidón, que están disponibles en la naturaleza, pueden ser

candidatos prometedores en el campo de la industria de envasado de alimentos. Rodríguez *et al.* (2020) & Arauz (2000) reportaron que, se han propuesto diferentes análisis para la ayuda en control de la antracnosis durante la postcosecha; sin embargo, en frutos climatéricos tales como el mango, presentan una infección quiescente y exhiben un incremento en su tasa respiratoria durante su periodo de madurez, misma que acelera la producción de etileno, mecanismo que utiliza el patógeno como una señal para reactivar el proceso de infección del hongo *Colletotrichum* spp. De acuerdo con Torres-León *et al.* (2016) el fruto de mango es rico en agua, azúcares, fibra, minerales, vitaminas y antioxidantes; en su semilla contiene compuestos bioactivos tales como, los compuestos fenólicos (manguiferina, isomangiferina, homomangiferina, quercitina, kaempferol y antocianinas), ácidos fenólicos (gálico, protocatequico, ferúlico, cafeico, cumárico, eláxico, 4-cafeoilquínico) y minerales antioxidantes (K, Cu, Zn, Mn, Fe, Se). Al respecto, estos investigadores reportan una investigación en semilla de mango cultivado en Egipto donde utilizaron cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) en la determinación de compuestos fenólicos, identificando alto contenido de taninos (20.7 %) y vainillina (20.2 %), ácido gálico (6 %), cumarinas (12.6 %), ácido cafeico (7.7 %), ácido ferúlico (10.4 %) y ácido cinámico (11.2 %) por lo que se concluye que la semilla de mango posee actividad antimicrobial atribuido a su alta capacidad antioxidante, contenido de diversos compuestos y antioxidantes. Por otro lado, Yadav *et al.* (2022) en un artículo de revisión reportan que la cáscara de mango es una buena fuente de polifenoles, carotenoides, fibra dietética, vitamina E y C. Los investigadores mencionan que el contenido de fenoles, flavonoides, ácido gálico, manguiferina y capacidad antioxidante es mucho mayor (53.3 %) comparado con el contenido de dichos compuestos en la pulpa de mango y su contenido dependerá del cultivar, método de extracción y etapa de madurez en que se encuentre el fruto. En la presente investigación se utilizaron tres recubrimientos a base de almidón al 2 % w/v que fue extraído de frutos tropicales de plátano ‘Pera’, guanábana y mango ‘Ataulfo’ estenospermocárpico los cuales redujeron la incidencia y severidad de la antracnosis en frutos de mango ‘Ataulfo’ estenospermocárpico durante la postcosecha. Cabe aclarar que en este estudio se utilizaron frutos completos de mango ‘Ataulfo’ estenospermocárpico en madurez fisiológica para la obtención del almidón en la elaboración del recubrimiento comestible de los tratamientos T5 y T6. El recubrimiento a base de almidón extraído de frutos de mango ‘Ataulfo’ estenospermocárpico (T6) que fue aplicado a frutos de mango ‘Ataulfo’ estenospermocárpico fue el recubrimiento que presentó un mejor resultado en cuanto a la inhibición de la antracnosis, controlando el crecimiento del daño en el fruto en el octavo día de almacenamiento en un 66.91 % y que, de acuerdo con la escala propuesta por Palou *et al.* (2007), los daños causados por el patógeno fueron de 0 a 1 (daño no visible a daño ligeramente visible).

Conclusión

Los recubrimientos a base de almidón al 2 % extraídos de frutos de plátano ‘Pera’, guanábana y mango ‘Ataulfo’ estenospermocárpico, aplicados en frutos de mango ‘Ataulfo’ estenospermocárpico durante su almacenamiento postcosecha, disminuyen los daños causados por *Colletotrichum* sp. El recubrimiento a base de almidón extraído de frutos de mango ‘Ataulfo’ estenospermocárpico fue el recubrimiento que presentó menor daño en un 66.91 % en los frutos

durante su almacenamiento postcosecha, conservando la calidad organoléptica y microbiológica del fruto de manera que estos puedan ser consumidos en fresco.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo (HGSE, BMR). Desarrollo de la metodología (HGSE). Manejo de software (HGSE, BMR, JZJO). Validación experimental (HGSE, BMR). Análisis de resultados (HGSE, BMR, LGGG, BRPU, JZJO, LRCE). Manejo de datos (HGSE, BMR, JZJO). Escritura y preparación del manuscrito (HGSE, BMR). Redacción, revisión y edición (HGSE, BMR, LGGG, BRPU, JZJO, LRCE). Administrador de proyectos (BMR). Adquisición de fondos (BMR).

Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y patronato UAN por el apoyo a los estudiantes de posgrado y adquisición de materiales y reactivos para la investigación.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

- Ali, S. W., Bairagi, S., & Banerjee, S. (2021). Starch-based antimicrobial materials. In *Advanced Antimicrobial Materials and Applications* (pp. 43-60). Ed. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7098-8_2#DOI.
- Arauz, L.F. (2000). Mango Anthracnose: Economic impact and current options for integrated management. *Plant Disease*, 84(6), 601-611. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.6.600>.
- Armghan Khalid, M., Niaz, B., Saeed, F., Afzaal, M., Islam, F., Hussain, M., Mahwish, H., Salman Khalid M., Siddeeg, A., & Al-Farga, A. (2022). Edible coatings for enhancing safety and quality attributes of fresh produce: A comprehensive review. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 1817-1847. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2107005>.

- Barrientos-Martínez, A., Mir, S. G. L., Hernández, M. V., Tapia, M. C., Ochoa, S. A., Acuayte-Valdés, E., Bermudez-Barrientos, J.R., & Barrientos-Priego, A. F. (2022). Pruebas de patogenicidad de hongos en plantas de aguacate 'Hass' relacionados a complejos ambrosiales. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(2022), 041. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3727>.
- Camargo-Piñeres, Y., Zambrano Montenegro, G., Ortega-Cuadros, M., Gutierrez Montero, D. J., & Yepes, J. A. (2021). Actividad antifúngica *in vitro* del aceite esencial de *Swinglea glutinosa* Merr sobre *Colletotrichum* sp. patógeno de mango (*Mangifera indica* L.). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 23(1), 62-71. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v23n1.88025>.
- Choudhury, D., Dobhal, P., Srivastava, Seweta, S., Saha, S., & Kundu, S. (2018). Role of botanical plant extracts to control plant pathogens-A review. *Indian Journal of Agricultural Research*, 52 (4), 341-346. <https://arccjournals.com/journal/indian-journal-of-agricultural-research/A-5005>.
- Danh, L. T., Giao, B. T., Duong, C. T., Nga, N. T. T., Tien, D. T. K., Tuan, N. T., Tuan, T. N., Huong, B. T. C., Nhan, C. T., & Trang, D. T. X. (2021). Use of Essential Oils for the Control of Anthracnose Disease Caused by *Colletotrichum acutatum* on Post-Harvest Mangoes of Cat Hoa Loc Variety. *Membranes*, 11(9), 719. <https://doi.org/10.3390/membranes11090719>.
- De Freitas, A. S., de Oliveira Soares, M. G., Barros, A. V., da Silveira, A. L., Silva, S. S. C., & Alves, E. (2022). Postharvest control of anthracnose in avocado with cassava starch and corn starch films. *Comunicata Scientiae*, 13, e3729-e3729. <https://doi.org/10.14295/CS.v13.3729>.
- Dukare, A. S., Paul, S., Nambi, V. E., Gupta, R. K., Singh, R., Sharma, K., & Vishwakarma, R. K. (2019). Exploitation of microbial antagonists for the control of postharvest diseases of fruits: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(9), 1498-1513. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1417235>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics (FAOSTAT) (2020). <https://www.fao.org/faostat/en/#home>.
- Gañán, L., Álvarez, E., & Castaño-Zapata, J. (2015). Identificación genética de aislamientos de *Colletotrichum* spp. causantes de antracnosis en frutos de aguacate, banano, mango y tomate de árbol. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(152), 339-347. <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.192>.
- Gutiérrez-Alonso, J.G., Gutierrez-Alonso, O., Nieto-Angel, D., Téliz-Ortiz, D., Zavaleta-Mejía, E., Delgadillo-Sánchez, F., & Vaquera-Huerta, H. (2003). Resistencia a benomil y tiabendazol en aislamientos de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc. obtenidos de mango (*Mangifera indica* L.) en cinco regiones de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3), 260-266. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61221303.pdf>.
- Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M., & Akhtar, N. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 1095-1107. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097>.
- Hu, M., Yang, D., Huber, D. J., Jiang, Y., Li, M., Gao, Z., & Zhang, Z. (2014). Reduction of postharvest anthracnose and enhancement of disease resistance in ripening mango fruit by nitric oxide treatment. *Postharvest Biology and Technology*, 97, 115-122. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.06.013>.

- Kim, W. G., Hong, S. K., Choi, H. W., & Lee, Y. K. (2009). Occurrence of anthracnose on highbush blueberry caused by *Colletotrichum* species in Korea. *Mycobiology*, 37(4), 310-312. <https://doi.org/10.4489/MYCO.2009.37.4.310>.
- Jacobs, H., Simon N. G., & Crump, D. H. (2003). Interactions between nematophagous fungi and consequences for their potential as biological agents for the control of potato cyst nematodes. *Mycological Research*, 107(1), 47-56. <https://doi.org/10.1017/s0953756202007098>.
- Le, T. D., Viet Nguyen, T., Muoi, N. V., Toan, H. T., Lan, N. M., & Pham, T. N. (2022). Supply chain management of mango (*Mangifera indica* L.) fruit: A review with a focus on product quality during postharvest. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 571. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.79943>.
- Kocira, A., Kozłowicz, K., Panasiewicz, K., Staniak, M., Szpunar-Krok, E., & Hortyńska, P. (2021). Polysaccharides as edible films and coatings: Characteristics and influence on fruit and vegetable quality-A review. *Agronomy*, 11(5), 813. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050813>.
- Mulkay, P. A., Aranguren, M., & Herrera, O. (2010). Diagnóstico de las enfermedades fungosas de mayor incidencia durante la poscosecha de la papaya (*Carica papaya* L.), el mango (*Mangifera indica* L.) y el aguacate (*Persea americana* Miller) en tres localidades frutícolas de Cuba. *Revista CitriFrut*, 27(2), 23-30. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CU2011900017>.
- Oliveira, B. F., Cruz, A. F., & Alves, E. (2016). Cassava starch coatings for postharvest control of papaya anthracnose. *Phytopathologia Mediterranea*, 55(2), 276-284. http://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-15214.
- Oyom, W., Zhang, Z., Bi, Y., & Tahergorabi, R. (2022). Application of starch-based coatings incorporated with antimicrobial agents for preservation of fruits and vegetables: A review. *Progress in Organic Coatings*, 166, Article 106800. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.106800>.
- Palou, L., Crisosto, H. C., & Garner, D. (2007). Combination of postharvest antifungal chemical treatments and controlled atmosphere storage to control gray mold and improve storability of 'Wonderful' pomegranates. *Postharvest Biology and Technology*, 43 (1), 133-142. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.08.013>.
- Romanazzi, G., & Moumni, M. (2022). Chitosan and other edible coatings to extend shelf life, manage postharvest decay, and reduce loss and waste of fresh fruits and vegetables. *Current Opinion in Biotechnology*, 78, Article 102834. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2022.102834>.
- Sapper, M., & Chiralt, A. (2018). Starch-based coatings for preservation of fruits and vegetables. *Coatings*, 8(5), 152. <https://doi.org/10.3390/coatings8050152>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2021). Acceso el 13 de febrero del 2021. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Singh, G. P., Bangar, S. P., Yang, T., Trif, M., Kumar, V., & Kumar, D. (2022). Effect on the properties of edible starch-based films by the Incorporation of additives: A review. *Polymers*, 14(10), 1987. <https://doi.org/10.3390/polym14101987>.
- Sivakumar, D., Tuna Gunes, N., & Romanazzi, G. (2021). A comprehensive review on the impact of edible coatings, essential oils, and their nano formulations on postharvest decay anthracnose of avocados, mangoes, and papayas. *Frontiers in Microbiology*, 12, Article 2150. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.711092>.

- Stata Corp. (2011). *Stata Statistical Software: Release 12*. College Station, TX: StataCorp LP.
- Tapia, R. A., Ramírez, D. J. F., Salgado, S. M.L., Castañeda V. Á., Maldonado, Z. F. I., & Díaz, A. V. L. (2020). Distribución espacial de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) en aguacate en el Estado de México, México. *Revista Argentina de Microbiología*, 52(1), 72-81. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.07.004>.
- Torres-León, C., Rojas, R., Contreras-Esquivel, J. C., Serna-Cock, L., Belmares-Cerda, R. E., & Aguilar, C. N. (2016). Mango seed: Functional and nutritional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 55, 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.06.009>.
- Tovar-Pedraza, J. M., Mora-Aguilera, J. A., Nava-Díaz, C., Lima, N. B., Michereff, S. J., Sandoval-Islas, J. S., Cámara, M.P.S., Téliz-Ortíz, D., & Leyva-Mir, S. G. (2020). Distribution and pathogenicity of *Colletotrichum* species associated with mango anthracnose in Mexico. *Plant disease*, 104(1), 137-146. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-19-0178-RE>.
- Yadav, D., Pal, A. K., Singh, S. P., & Sati, K. (2022). Phytochemicals in mango (*Mangifera indica* L) parts and their bioactivities: A Review. *Crop Research*, 57(1y2), 79-95. <http://dx.doi.org/10.31830/2454-1761.2022.012>.
- Zhang, Z. Q., Chen, T., Li, B. Q., Qin, G. Z., & Tian, S. P. (2021). Molecular basis of pathogenesis of postharvest pathogenic fungi and control strategy in fruits: progress and prospect. *Molecular Horticulture*, 1(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s43897-021-00004-x>.