



**Revista Internacional de Investigación e Innovación
Tecnológica**

Página principal: www.riit.com.mx

**Prevención de la Enfermedad Causada por *Botrytis cinerea* en Frutos de Tomate
Durante Poscosecha Mediante un Recubrimiento Polimérico**

Lira-Saldívar RHa., Ramos-Hernández Ga., Peralta-Rodríguez, RDa., Cortez-Mazatan GJa., Vera-Reyes Ia.,
Solis-Gaona, Sc, Méndez-Arguello, Ba.

aDepartamento Plásticos en la Agricultura, Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Saltillo
Coahuila., México. CP. 25294. bDepartamento Procesos de Polimerización, CIQA. cDepartamento de
Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista. Saltillo. Coahuila C.P. 25315.
México. cArysta-GBM. Fracc. Europa, C.P. 25290. Saltillo, Coahuila, México.

e-mail autor(es): hugo.lira@ciqa.edu.mx, geraaardo@hotmail.com

Resumen

En este estudio se evaluaron los efectos del recubrimiento con el polímero biocompatible poli (acetato de vinilo-co-alcohol vinílico) (PVAc-co-VA) en la prevención y/o control sustentable del hongo *B. cinerea* causante de la enfermedad moho gris en frutos de tomate, así como en diversas variables físicas y químicas relacionadas con la calidad en poscosecha de estos frutos. La aplicación del copolímero se hizo a partir de látex preparado mediante polimerización en heterofase, diluyendo el látex original para lograr las siguientes concentraciones: 0 (sin recubrimiento), diluido a 50, 75 y 100 % (sin diluir). Los tomates se almacenaron a temperatura controlada de 19 ± 1 °C y humedad relativa de 75 ± 5 %. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial de 2x4 con tres repeticiones. Los tratamientos con recubrimiento del látex de PVAc-co-VA al 100 y 75 % conservaron mejor las características físico-químicas de los tomates en comparación con aquellos que no fueron tratados con el recubrimiento polimérico; sin embargo, no fue capaz de impedir la infección de *B. cinerea* cuando este hongo fue inoculado deliberadamente en los frutos, pero sí logró retardar el efecto de la enfermedad.

Palabras clave: actividad enzimática, *Botrytis cinerea*, frutos de tomate, látex polimérico.

Abstract

In this study were evaluated the coating effects on tomato fruits by means of using a biocompatible polymer of poly(vinyl acetate-co-vinyl alcohol) (PVAc-co-VA), on the sustainable prevention and/or control of the fungi *B. cinerea* that cause the grey mold disease on tomatoes, as well on various physical and chemical variables related to post-harvest life of this vegetable. Application of the copolymer was made from latex prepared by polymerization in heterophase diluting the original latex (PVAc-co-VA), to achieve various concentrations: 0 (no coating or control), 50, 75 and 100 % (undiluted latex). Tomato fruits were stored at controlled temperature (19 ± 1 °C) and relative humidity was set at 75 ± 5 %. The experimental design was completely randomized with factorial arrangement of 2 x 4 with three replicates. Coating latex treatments with PVAc co-VA at 100 and 75 %, promoted better physicochemical characteristics, compared to uncoated tomatoes. However, it did not prevent the infection of *B. cinerea* when this fungus was inoculated to fruits, but retarded the effect of the disease.

Key Words: *Botrytis cinerea*, polymer latex, tomato fruit, enzyme activity.

1. Introducción

Botrytis cinerea es un hongo fitopatógeno causante de la enfermedad conocida como moho gris, la cual es de gran importancia económica ya que infecta una amplia variedad de cultivos haciendo uso de diferentes mecanismos de infección para invadir la planta huésped (Jia *et al.*,

2007). Aunque se ha observado cierta variabilidad genética en algunas especies en cuanto a su resistencia a *B. cinerea*, en ningún caso se ha encontrado una relación gen a gen. El patógeno puede atacar al cultivo en cualquier estado de desarrollo del mismo y puede infectar cualquier parte de la planta. Debido a la

considerable incidencia del patógeno y a las repercusiones económicas que tiene en cultivos como vid, tomate, fresa, ornamentales, etc., son muchos los estudios que se han realizado sobre la biología de *B. cinerea*, de las interacciones en las que éste participa y de los posibles métodos de control del patógeno, especialmente aquellos que utilizan compuestos naturales (Badawya y Rabea, 2009) y con inductores de resistencia (Herrero *et al.*, 2012).

La comercialización del tomate se encuentra limitada por la presencia de podredumbres causadas por diversos hongos fitopatógenos como *B. cinerea*, *Alternaria alternata* y otros (Daferera *et al.*, 2003). El control de estas enfermedades ha sido tradicionalmente realizado con fungicidas químicos de síntesis (Hayes *et al.*, 2014). Sin embargo, los requerimientos de la sociedad, cada vez más consciente de los riesgos del uso indiscriminado de fitoterapéuticos en productos de consumo directo, han conducido a la búsqueda de alternativas inocuas, efectivas y económicas para el control de enfermedades de poscosecha (Couillerot *et al.*, 2013).

Las películas y/o recubrimientos comestibles se utilizan como una cubierta de los alimentos en forma de envoltura. Las películas favorecen la conservación de la calidad de frutas y hortalizas debido a que crean una barrera a los gases, produciendo una atmósfera modificada alrededor del producto. Esta atmósfera reduce la disponibilidad de O₂ e incrementa la concentración de CO₂, por lo que disminuye la tasa de respiración y la pérdida de agua y/o peso. Ensayos de laboratorio han demostrado que una fruta sin tratamiento pierde cerca de 20 % de su peso al cabo de 14 días, mientras que una

tratada entre 2 y 4 %. De igual forma permiten una mejor conservación de aspectos sensoriales, nutrimentales, y físicos como brillo, vitamina C y firmeza, así como prevenir contaminación microbiana (Faguera *et al.*, 2011).

2. Materiales y equipos

La preparación del recubrimiento con base en PVAc-PVA se realizó siguiendo el procedimiento descrito por Alvarado (2012), el cual consistió en preparar una solución micelar en un reactor de 500 mL añadiendo 332 mL de agua destilada y filtrada, 0.8 g de persulfato de potasio (KPS), 1.1 g de dodecil sulfato de sodio (SDS) y 25.4 g de PVA (BP-24). Se agitó mecánicamente durante 30 minutos a 300 rpm y con circulación de agua a 25 °C por la chaqueta del reactor. Una vez disuelto el PVA, se desgasificó la solución pasando argón de ultra de alta pureza durante 90 min. Por separado, se desgasificó una solución de acetato de vinilo, VAc, (50 g) y de éter etílico (6 mL). Este último actuó como agente de transferencia de cadena con el fin de disminuir el peso molecular del PVAc. La desgasificación se realizó para eliminar el oxígeno y que no inhibiera la reacción de polimerización. El PVA fue proporcionado por PIM México, S. A. de C. V. (Chang Chun Petrochemical Co., LTD. Taiwan) y los demás reactivos se adquirieron en Aldrich. El VAc se destiló previamente a su uso y los otros reactivos se utilizaron tal y como se recibieron.

Ya desgasificadas la solución micelar y la solución de VAc con éter etílico, esta última se adicionó al reactor a un flujo de 0.249 mL/min, colocando la solución en una jeringa GasTight (Hamilton Company) mediante una bomba dosificadora (KD Scientific) calibrada previamente durante cuatro horas,

manteniendo la temperatura de la reacción en 60 °C, agitación de 400 rpm y flujo de argón en la mezcla de reacción. Terminada la adición, el sistema se mantuvo, en las condiciones de reacción, durante dos horas más para agotar el monómero. Una vez terminada la reacción, se caracterizó el látex mediante la determinación del diámetro promedio de las partículas (dispersión de luz). El látex se guardó en un frasco limpio y seco hasta requerirse para su uso. El látex sintetizado se utilizó como la dosis al 100 %; para obtener la dosis de 75 % se diluyó en agua destilada en una proporción 3:1, y para obtener la dosis de 50 % se diluyó en agua destilada en una proporción 1:1.

3. Métodos experimentales

El cultivo de tomate se sembró en el invernadero del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA); el genotipo utilizado fue el híbrido denominado El Cid. Los frutos de tomate fueron cosechados, lavados, secados y seleccionados; se recubrieron con la ayuda de un pincel y se les aplicó una porción de PVAc-co-VA contenido en un frasco de vidrio, formando una capa desde el hemisferio del tomate donde se encuentra el pedúnculo hasta llegar a la parte apical.

Se estudiaron dos períodos de almacenamiento, el primero de siete días y el segundo de catorce; los frutos de tomate se almacenaron a una temperatura controlada (TC) de 19 ± 1 °C y una humedad relativa de 75 ± 5 %, habiendo utilizado una cámara ambiental (Lab-Line Instruments, Inc. Model 680A®, Melrose Park, IL, E.U.A.). El experimento fue dispuesto en un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial de 2 (frutos inoculados y no

inoculados) x 4 (cuatro concentraciones del látex) con tres repeticiones. En el cual se consideraron como factores de variación al recubrimiento, el efecto del hongo y los días de almacenamiento. Las variables de respuesta fueron: peso de fruto, firmeza, sólidos solubles totales, determinación de la concentración de licopeno, actividad catalasa, peroxidasa y contenido de vitamina C. Los resultados se analizaron estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANVA) utilizando el programa SAS V.9 (SAS, 2002) complementado con la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para comparar las medias.

Inoculación de *B. cinerea* en frutos de tomate

Para inocular *B. cinerea* a los frutos se colocaron explantes obtenidos de las cajas petri preparados con anterioridad. El explante se colocó en la parte del tomate donde se le quito el pedúnculo. Posteriormente se incubó en cámara húmeda a 19 °C. Después de 7 días se midió el desarrollo de la infección.

Determinación de la concentración de licopeno

Se pesaron 3 g de pericarpio del fruto de tomate, se colocaron en un mortero congelado que contenía 3 mL de amortiguador de fosfatos (pH 7) y se maceró, de la mezcla se tomaron 2 mL para realizar una extracción con 4 mL de una mezcla de hexano - acetona (3:2), se agitó la mezcla para separar y disolver los pigmentos de las membranas (Davis *et al.*, 2003), se centrifugó a 3,000 rpm por 10 min para la separación de fases, se extrajo la fase coloreada y se leyó la absorbancia a 502 nm en un espectrofotómetro Milton Roy Co.

Determinación de la actividad catalasa.

La extracción se realizó de 0.5 g de pulpa de tomate sin cáscara en 5 mL de amortiguador de fosfatos 100 mM (pH 7), que contenían 50 mg de polivinil pirrolidona en un mortero enfriado a 4 °C, se centrifugó a 3,000 rpm por 11 minutos a 4 °C, para eliminar restos celulares. Del sobrenadante se obtuvo la enzima. Para la determinación de la actividad enzimática de la catalasa se prepararon 5 mL de la mezcla de reacción que contenía: 100 mM amortiguador de fosfatos (pH 6.8), 100 μ M de H₂O₂ y 1 mL del extracto enzimático, previamente diluido 1:20. La mezcla de reacción se incubó por 1 min a 25 °C, la reacción fue detenida al agregar 10 mL de H₂SO₄ al 2 % (v/v). El H₂O₂ residual se tituló con una solución de KMnO₄ (0.2 M) hasta obtener un color púrpura débil que persistió al menos 15 segundos. Una unidad de catalasa se definió como la cantidad de enzima que descompone 1 μ M de H₂O₂ min⁻¹ a 25 °C.

Determinación de la actividad peroxidasa

Se homogenizaron 0.5 g de pulpa de tomate sin cáscara con 5 mL de amortiguador de fosfatos 100 mM (pH 6.8), en un mortero enfriado a 4 °C, se centrifugó a 3,000 rpm por 15 minutos a 4 °C. El sobrenadante se separó y diluyó en una proporción 1:20 (v/v). La actividad enzimática se determinó con 100 mM de amortiguador de fosfatos (pH 6.8), 50 μ M de pirogalol, 50 μ M de H₂O₂ y 1 mL de extracto de enzima. La mezcla de reacción se incubó por 1 minuto a 25 °C, se añadieron 0.5 mL de H₂SO₄ al 5 % (v/v) para detener la reacción. La concentración de purpurogalina se midió a una absorbancia de 420 nm, utilizando el espectrofotómetro previamente referido.

Determinación de vitamina C

El procedimiento para determinar la vitamina C en los frutos de tomate fue de acuerdo con la norma AOAC 967.21. Se pesaron 20 g de muestra y se colocaron en un mortero, posteriormente se trituraron cuidadosamente con 10 mL de HCl al 2 %, se aforó a 100 mL con agua destilada, posteriormente se filtró el contenido del matraz a través de una gasa, se recibió el filtrado en un matraz. Después se tomaron 10 mL del filtrado, los cuales se titularon con el reactivo de Thielman hasta la aparición de una coloración rosa que no desapareció durante 30 segundos y se tomó la lectura en mililitros gastados del reactivo.

4. Resultados y discusión

Las muestras fueron evaluadas a partir de 0, 7 y 14 días de almacenamiento a 19 \pm 1 °C con una humedad relativa de 75 \pm 5%. De acuerdo a la figura 1 y al análisis de varianza se puede observar que existen diferencias estadísticas entre tratamientos, los tratamientos que tuvieron una menor pérdida de peso son aquellos que fueron recubiertos con el látex a las concentraciones de 50, 75 y 100% en comparación con los tratamientos que no fueron recubiertos.

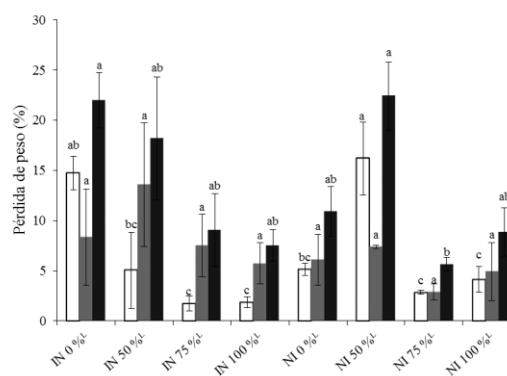


Figura 1. Pérdida de peso en frutos de tomate. □PI = peso inicial (0 días). ■P7D = peso a los 7 días. ■P14D = peso a los 14 días. IN = Inoculados con

B. cinerea. NI = No inoculados con *B. cinerea*. L = PVAc-co-VA. Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, 0.05). P7D-P14D = Pérdida de peso del día siete al catorce. PPT = Pérdida de peso total. Barras indican el error estándar de la media.

Estos resultados concuerdan con lo observado por Bosquez-Molina *et al.* (2010) quienes señalan que frutos de papaya sin recubrimiento pierden 20 % de su peso en 14 días, mientras que frutos tratados sólo pierden entre 2 y 4 % de su peso. En la Figura 2 se ilustra que el tratamiento no inoculado con el hongo *B. cinerea*, y con recubrimiento de látex al 100 % (NI 100 % L) es estadísticamente superior al resto de los tratamientos ya que mantiene mayor valor de firmeza en los frutos de tomate con un valor de 1.55 kg cm⁻², mientras que el resto de los tratamientos oscilan entre 0.466 a 1.11 kg cm⁻². Al realizar una comparación entre tratamientos inoculados y no inoculados el valor promedio más alto de firmeza lo presentan los tratamientos que no fueron inoculados (1.59 kg cm⁻²), esto debido a que no fueron expuestos al daño que provoca *B. cinerea*.

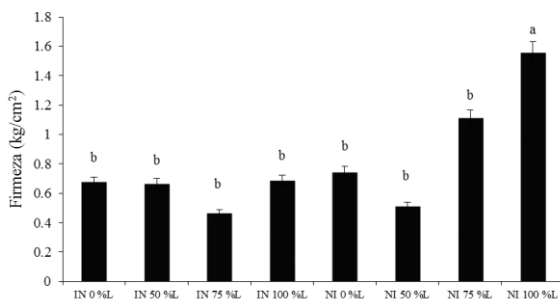


Figura 2. Evaluación de firmeza en frutos de tomate realizado en el bioensayo tres. IN = Inoculados con *B. cinerea*. NI = No inoculados con *B. cinerea*. L = PVAc-co-VA. Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, 0.05). Barras indican el error estándar de la media.

Incidencia de *B. cinerea*

Al realizar el análisis estadístico en la variable incidencia de *B. cinerea* en frutos de tomate (Figura 3), se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos. El valor más alto de incidencia (25 %) de *B. cinerea* lo presentó al día 3 el tratamiento que no tiene ningún recubrimiento, con un valor de 25 % de incidencia, pero es estadísticamente igual al tratamiento que fue recubierto con el látex a una concentración del 50 % presentando un valor de 15 % de incidencia.

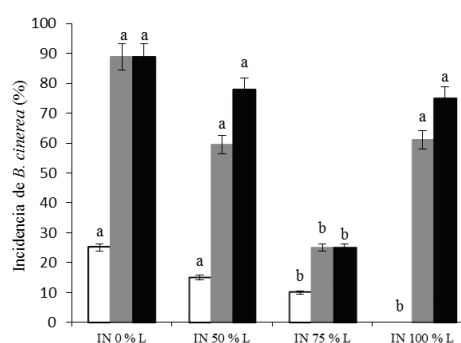


Figura 3. Incidencia de *Botrytis cinerea* en función del tiempo (días) □, 3 días; ■, 7 días, ■, 14 días., para diferentes concentraciones de PVAc-co-VA realizado en el bioensayo tres. IN = inoculados con *B. cinerea*. L = PVAc-co-VA. Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, 0.05). Barras indican el error estándar de la media.

Los tratamientos que fueron recubiertos con una concentración de 75 % y 100 % presentaron los valores de incidencia más bajos, en específico el tratamiento con recubrimiento al 100%, el valor de severidad fue de cero, lo que indica la eficiencia del látex en ese momento. Hoy en día, se han desarrollado diferentes recubrimientos comestibles con diversos productos, entre los que destacan aquellos que provienen de productos naturales y no representan contaminación ni toxicidad para los que estén en contacto directo ni para el consumidor final y puedan controlar algún patógeno en

específico. Tal es el caso de cubiertas elaboradas a base de quitosán se ha visto que inhiben el crecimiento de diferentes hongos como *B. cinerea* y *R. stolonifer* (Bautista-Baños *et al.*, 2006).

Los resultados señalan que el látex polimérico aún y cuando actúa como una barrera física entre el fruto y el ambiente, no tiene la capacidad de controlar al hongo *B. cinerea*, pero tiene la capacidad de retardar su sintomatología por al menos 3 días. Cuando el hongo se encuentra dentro del fruto, el látex ya no tiene ningún efecto sobre la sintomatología del hongo. Resultados reportados por Landero *et al.* (2013) donde se evaluó un recubrimiento con extracto de ajo y canela, mostraron efecto fungicida en contra de *C. gloeosporioides* para supresión de crecimiento micelial (100 %), inhibición de germinación (100 %) y esporulación del hongo (100 %), en comparación con frutos sin aplicación de recubrimiento. También se ha demostrado que hay recubrimientos con capacidad antifúngica, como el de pulpa de *Aloe vera* (Hamman, 2008) y *A. barbadensis* como el utilizado por Castillo *et al.* (2010), el cual redujo el crecimiento de hongos como *Penicillium digitatum*, *B. cinerea* y *Alternaria alternata*. Algo que no fue observado en este bioensayo, debido a que el látex polimérico no tiene ninguna actividad antimicrobiana.

Sólidos solubles totales

Los tratamientos en los que los tomates no fueron inoculados con el hongo *B. cinerea* pero con diferentes concentraciones del recubrimiento presentan en promedio los valores más altos de sólidos solubles totales (5.0 °Brix), 23.90 % más en comparación con aquellos que fueron inoculados con el hongo *B. cinerea* (3.8 °Brix). Galletta *et*

al. (2005) reportan resultados similares a los de este experimento, ya que mencionan no haber encontrado ningún efecto debido al recubrimiento usado por ellos, especialmente en la concentración de sólidos solubles totales en tomates con madurez en color verde pintón que se almacenaron durante 28 días.

Concentración de licopeno.

La concentración de licopeno en los frutos de tomate mostró diferencias significativas entre tratamientos (Figura 4). Destacan por su efecto el tratamiento con látex a la concentración de 75 % y que no fue inoculado con el hongo *B. cinerea* ($13.05 \mu\text{g}\cdot 100 \text{g}^{-1}$), así como a la concentración de 100 % ($12.63 \mu\text{g}\cdot 100 \text{g}^{-1}$). De manera general, al hacer comparaciones de los valores promedio entre tratamientos inoculados ($7.8 \mu\text{g}\cdot 100 \text{g}^{-1}$) y los tratamientos no inoculados ($5.02 \mu\text{g}\cdot 100 \text{g}^{-1}$), las diferencias resultan muy notorias debido a que el hongo al estar presente en el fruto altera la mayoría de las propiedades bioquímicas, como en este caso la concentración de licopeno.

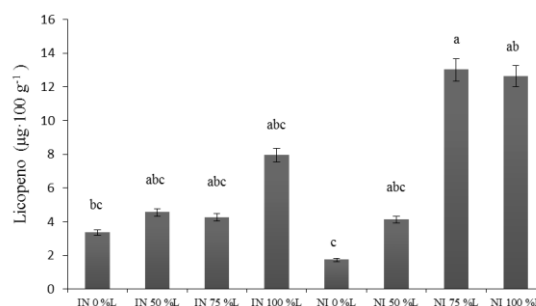


Figura 4. Concentración de licopeno en frutos de tomate realizado en el bioensayo tres. IN = Inoculados con *B. cinerea*. NI = No inoculados con *B. cinerea*. L = PVAc-co-VA. Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, 0.05). Barras indican el error estándar de la media.

Está claro que el contenido de pigmentos carotenoides como el licopeno también son alterados por otros factores como el ciclo de cultivo (Shi y Maguer, 2000), o la variedad de tomate empleado (Martínez-Valverde *et al.*, 2002).

Actividad enzimática

Catalasa

La aplicación del látex sin diluir y sin inoculación de *B. cinerea* permitió obtener los valores más altos en la actividad catalasa (95.85 $\mu\text{moles de H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1}$), reportes de la literatura señalan que al presentar un valor más alto en actividad catalasa, el fruto tienen la capacidad de ser más tolerante al estrés causado por diversos factores (Baquero *et al.*, 2005). En los tratamientos donde los frutos de tomate no tuvieron recubrimiento polimérico, se obtuvieron los valores más bajos de esta enzima (13.69 $\mu\text{moles de H}_2\text{O}_2 \text{ min}$, Figura 5).

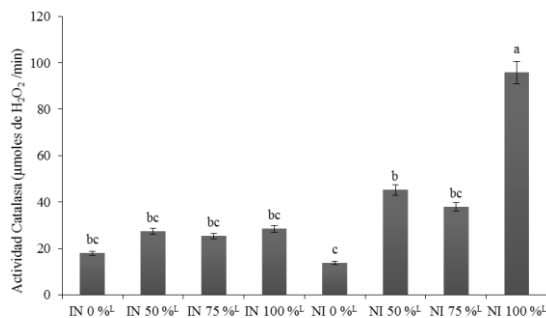


Figura 5. Actividad catalasa en frutos de tomate realizado en el bioensayo tres. IN = inoculados con *B. cinerea*. NI = no inoculados con *B. cinerea*. L = PVAc-co-VA. Barras indican el error estándar de la media.

Los tratamientos que no fueron inoculados reportaron 48.6 % más actividad catalasa en comparación con los inoculados. Esto difiere con lo reportado por Beltrán-García *et al.* (2006) quienes argumentan que hay un incremento en la

actividad catalasa cuando existe un ataque de fitopatógenos.

Peroxidasa

Los resultados del análisis estadístico a datos del contenido de la actividad enzimática peroxidasa en frutos de tomate (Figura 6), mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. Los valores más bajos en la actividad peroxidasa fueron en aquellos tratamientos donde fueron inoculados con *B. cinerea*.

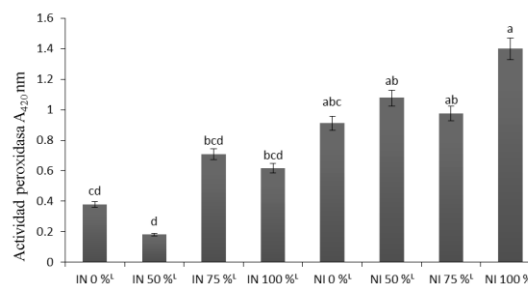


Figura 6. Actividad peroxidasa en frutos de tomate realizado en el bioensayo tres. IN = inoculados con *B. cinerea*. NI = no inoculados con *B. cinerea*. L = PVAc-co-VA. Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, 0.05).

Resultados de Ramírez *et al.* (2010) muestran que la actividad de peroxidasa aumentó significativamente ($P \leq 0.05$) en frutos de tomate bola con la aplicación de prohexadiona de calcio al follaje de las plantas. Indicando que a mayor actividad peroxidasa, mayor vida de anaquel de los frutos, algo similar a lo que ocurrió en este bioensayo, donde los frutos que tienen recubrimientos con el polímero y que no fueron inoculados, es decir, que no sufrieron ningún estrés por parte del patógeno estudiado tienen un mayor contenido de peroxidasa.

Los mecanismos de defensa involucrados en el ataque por patógenos incrementa la producción de especies reactivas de

oxígeno, las cuales deben de ser secuestradas para mantener el equilibrio redox en la célula, este proceso se lleva a cabo por dos mecanismos: enzimáticos y no enzimáticos, siendo estos últimos los que actúan como una primera respuesta (Heller y Tudzynski, 2011); en nuestros resultados es probable que no se observe este incremento de estas enzimas en los tratamientos inoculados con *B. cinerea* debido a que la medición realizó de manera tardía.

Determinación de vitamina C

Todos los tratamientos son estadísticamente iguales a excepción del tratamiento que no tuvo ningún recubrimiento y que fue inoculado con *B. cinerea* el cual presentó el valor más bajo de vitamina C (2.46 mg/100 g de fruto), el resto de los tratamientos oscilan entre 3.52 y 5.7933 mg /100 g de fruto. Se sabe que la vitamina C es sensible a la degradación cuando el producto es sometido almacenamiento prolongado, temperaturas altas, daños físicos, y daño por frío (Lee y Kader, 2000), estos resultados muestran que el recubrimiento está manteniendo una atmosfera adecuada para evitar la degradación de la vitamina C.

5. Conclusiones

El uso de un recubrimiento a base de PVAc-co-VA, aplicado en frutos de tomates favoreció algunas propiedades físico-químicas como firmeza, contenido de sólidos solubles totales, contenido de peroxidasa, catalasa, licopeno y vitamina C. Sin embargo, no fue capaz de impedir la infección de *B. cinerea* cuando este hongo fue inoculado deliberadamente en los frutos, pero sí logró retardar el efecto de la enfermedad.

Cabe destacar que este recubrimiento polimérico si permitió prolongar la vida de anaquel de los tomates, al funcionar como una barrera física entre el medio ambiente y los frutos, reduciendo el intercambio gaseoso e impidiendo la entrada de patógenos.

6. Referencias

- Alvarado, R.L. 2012. *Síntesis de poliacetato de vinilo mediante polimerización en heterofase para aplicación en el recubrimiento de frutas*. Tesis de licenciatura en Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de Durango. Durango, Dgo. 103 pág.
- Badawya, M.E.I., Rabea, E.I. 2009. "Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit". *Postharvest Biology and Technology*, 51:110-117.
- Baquero, L.E. Castro, J.A. C.E. Narváez. 2005. "Catalase, peroxidase and polyphenoloxidase from pitaya amarilla". *Acta Biológica Colombiana*, 10:49-59.
- Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A.N., Velázquez-del Valle, M.G., Hernández-López, M., Ait Barka, E., Bósquez-Molina, E., Wilson, C.L. 2006. "Chitosan as a potential natural compound to

- control pre and postharvest diseases of horticultural commodities". *Crop Protection*, 25:108-118.
- Beltrán-García, M.J., Ogura-Fujii, T., Manzo-Sánchez, G. y Arias-Castro, C. 2006. "Catalasas de hongos fitopatógenos: ¿Factores de virulencia y resistencia a los fungicidas?". *Revista Mexicana de Fitopatología*, 24:50-58.
- Bosquez-Molina, E., Ronquillo-de Jesús, E., Bautista-Baños, S. Verde-Calvo, J.R., Morales-López, J. 2010. "Evaluation of inhibitory effect of essential oils against *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifer* in stored papaya fruit and their possible application in coatings". *Postharvest Biology and Technology*, 57:132-137.
- Castillo, S., Navarro, D., Zapata, P., Guillén, F., Valero, D., Serrano, M., Martínez, D. 2010. "Antifungal efficacy of *Aloe vera* *in vitro* and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality". *Postharvest Biology and Technology*, 57:83-188.
- Couillerot, O., Vatsa, P., Loqman, S., Ouhdouch, Y., Jane, H., Renault, J.H., Clément, C., Barka E.A. 2013. "Biocontrol and biofertilizer activities of the *Streptomyces anulatus* S37: an endophytic actinomycete with biocontrol and plant-growth promoting activities". *Biological Control of Fungal and Bacterial Plant Pathogens*. IOBC-WPRS, 86:271-276.
- Daferera, D.J., Ziogas, B.N., Polissiou, M.G. 2003. "The effectiveness of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp. and *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis*". *Crop Protection*, 22:39-44.
- Davis, A.R., Fish, W.W., Perkins-Veazie, P. 2003. "A rapid spectrophotometric method for analyzing lycopene content in tomato and tomato products". *Postharvest Biology and Technology*, 28:425-430.
- Faguera, V., Quintero, J.P., Jiménez, A., Muñoz, J.A., Ibarz A. 2011. "Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use". *Trends in Food Science & Technology*, 22:292-303.
- Galiotta, G. Harte, F., Molinari, D. Capdevielle, R. Diano, W. 2005. "Aumento de la vida útil poscosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche". *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 6:117-123.
- Hamman, J.H., 2008. "Composition and applications of *Aloe vera* leaf gel". *Molecules*, 13:1599-1616.
- Hayes, B.M., Anderson, M.A., Traven, A., van der Weerden, N.L., & Bleackley, M.R. 2014. "Activation of stress signalling pathways enhances tolerance of fungi to chemical fungicides and antifungal proteins". *Cellular and Molecular Life Sciences*, 14:1-16.
- Heller, J., Tudzynski, P. 2011. "Reactive Oxygen Species in Phyto

- pathogenic Fungi: Signaling, Development, and Disease". *Annual Review of Phyto pathology*, 49:369-390.
- Herrero, M.L., Toppe, B., Eikemo, H. 2012. "Evaluation of acibenzolar-S-methyl and other low toxicity products for control of rose powdery mildew (*Podosphaera pannosa*) in greenhouses". *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 62:666-671.
- Jia, L., Shiping, T., Xianghong, M., Yong, X. 2007. "Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit". *Postharvest Biology and Technology*, 44:300-306.
- Kar, M., Mishra, D. 1976. "Catalase, peroxidase, and polyphenol oxidase activities during rice leaf senescence". *Plant Physiology*, 57:315-319.
- Landero, V.N., Nieto, A.D., Téliz, O.D., Alatorre, R.R., Orozco, S.M., Ortiz, G.C. 2013. "Potencial antifúngico de extractos de cuatro especies vegetales sobre el crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides* en papaya (*Carica papaya*) en poscosecha". *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4:47-62.
- Lee, S.K, Kader, A.A. 2000. "Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops". *Postharvest Biology and Technology*. 20:207-220.
- Martínez-Valverde, I., Periago, M.J, Provan, G., Chesso, A. 2002. "Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*)". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82:323-330.
- Ramirez, K. S., Lauber, C. L., Fierer, N. 2010. "Microbial consumption and production of volatile organic compounds at the soil-litter interface". *Biogeochemistry*, 99:97-107.
- SAS. 2002. SAS Institute Inc., Caray, NC, USA. Software Version 9.00 (TS M0).
- Shi, J., Maguer, M.L. 2000. "Lycopene in Tomatoes: Chemical and physical properties affected by food processing". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40:1-42.