



## CONTROL DE PODREDUMBRES POSCOSECHA CAUSADAS POR *PENICILLIUM* Y *BOTRYTIS* MEDIANTE LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES Y SUSTANCIAS GRAS

Bertini, Benjamín José<sup>1\*</sup>; Debes, Mario Alberto<sup>1,2</sup>; Rapisarda, Viviana Andrea<sup>1</sup>; Cerioni, Luciana<sup>1</sup>; Volentini, Sabrina Inés<sup>1</sup>

1 Instituto Superior de Investigaciones Biológicas (INSIBIO), CONICET-UNT, e Instituto de Química Biológica "Dr Bernabé Bloy", Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia, UNT. Chacabuco 461, T4000ILI – San Miguel de Tucumán, Argentina.

2 Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, UNT. Miguel Lillo 205, T4000JFE – San Miguel de Tucumán, Argentina.

bjbertini00@gmail.com

**RESUMEN:** En el Noroeste Argentino, la producción de frutas y hortalizas enfrenta pérdidas económicas por pudriciones fúngicas de pre y poscosecha. Para combatirlas se aplican fungicidas químicos, lo que lleva a la aparición de cepas resistentes y contaminación ambiental. En la búsqueda de alternativas sustentables, en este trabajo se evaluó la formulación de recubrimientos comestibles de almidón de mandioca (Alm) y glicerol con sustancias de baja toxicidad: sorbato de potasio (SK) y polihexametilenguanidina (PHMG) para el control de aislados locales de fitopatógenos. Se ensayaron diferentes concentraciones y la formulación elegida fue 5% de Alm y 1,6% de glicerol, la cual se suplementó con 3 o 6% de SK; 500 o 1000ppm de PHMG o 10ppm de graduate A+®. Los films conteniendo 3% de SK y 500ppm de PHMG fueron capaces de inhibir el crecimiento *in vitro* de *Penicillium digitatum*, *P. italicum*, *Botrytis cinérea* y *P. expansum*. En ensayos *in vivo* se aplicaron dichos recubrimientos en limones inoculados con *P. digitatum* y en tomates inoculados con *B. cinérea*, obteniendo una reducción significativa de ambas podredumbres con recubrimientos que contenían 6% de SK. Estos resultados muestran el potencial uso de recubrimientos formulados con compuestos naturales para el control de podredumbres fúngicas de poscosecha.

**PALABRAS CLAVE:** *Penicillium digitatum*, *Botrytis cinérea*, limones, tomates, sorbato de potasio.

## APPLICATION OF EDIBLE COATINGS AND GRAS COMPOUNDS TO CONTROL POSTHARVEST FUNGAL ROTS CAUSED BY *PENICILLIUM* AND *BOTRYTIS*

**ABSTRACT:** Fruit and vegetable production deals with economic losses due to pre- and post-harvest fungal rots in the Northwest of Argentina. Chemical fungicides are applied to combat mentioned rots, leading to the appearance of resistant strains and environmental contamination. Looking for sustainable alternatives, we evaluated the formulation of edible coatings made of cassava starch (Alm) and glycerol supplemented with low toxicity substances: potassium sorbate (SK) and polyhexamethyleneguanidine (PHMG) to control local phytopathogens isolates. Different concentrations were tested and the chosen formulation was 5% Alm and 1.6% glycerol, which was supplemented with 3 or 6% SK; 500 or 1000ppm of PHMG or 10ppm of graduate A+®. Films containing 3% SK and 500ppm PHMG were capable of inhibiting the *in vitro* growth of *Penicillium digitatum*, *P. italicum*, *Botrytis cinérea* and *P. expansum*. In *in vivo* tests, these coatings were applied to lemons inoculated with *P. digitatum* and tomatoes inoculated with *B. cinérea*, resulting in a significant reduction of both rots when coatings contained 6% SK. These results show the potential use of coatings formulated with natural compounds to the control of postharvest fungal rots.

**KEYWORDS:** *Penicillium digitatum*, *Botrytis cinerea*, lemons, tomatoes, potassium sorbate.

### INTRODUCCIÓN

Algunas de las principales actividades económicas de nuestro país son la producción y exportación de cultivos frutales. Entre ellos podemos destacar la producción de limón y arándanos en la región del NOA y las frutas de pepitas en la región del centro-sur. Las enfermedades fúngicas de pre o poscosecha causan grandes pérdidas económicas a productores y exportadores de estos productos. Para frutas cítricas, las enfermedades poscosecha más relevantes son la podredumbre verde y azul, causadas

Recibido: 17/11/2023; Aceptado: 4/12/2023

por *Penicillium digitatum* y *P. italicum*. En frutas pomáceas, como manzanas, las podredumbres azul y gris, causadas por *P. expansum* y *Botrytis cinérea* se destacan como las más relevantes. Para su control se aplican algunos fungicidas sintéticos como imazalil, tiabendazol, pirimetanil, boscalid, etc. Estos fungicidas presentan problemas para la salud humana, contribuyen a la contaminación ambiental, y llevan a la selección y proliferación de cepas resistentes de patógenos fúngicos [1].

Es así que la búsqueda de alternativas a los tratamientos con fungicidas es un tópico de creciente interés para la comunidad científica internacional. Entre dichas alternativas, el desarrollo de recubrimientos comestibles con propiedades antifúngicas aparece en los últimos años como una tecnología sustentable y prometedora que además contribuye a extender la vida poscosecha de frutas frescas, al intervenir en procesos biológicos como la respiración, transpiración y transformaciones bioquímicas propias de la fisiología vegetal [2].

Un recubrimiento o film comestible es cualquier material con un grosor menor a 0.3 mm que se forma por una combinación de biopolímeros y diferentes aditivos dispersos en un medio acuoso [3]. Estos recubrimientos además de proveer actividad antifúngica crean una barrera semi-permeable a gases y vapor de agua, disminuyendo la tasa de respiración y pérdida de humedad, contribuyendo así a reducir la pérdida de peso y mantener la calidad de la fruta durante el almacenamiento [4]. El uso de polisacáridos como biopolímero permite la formación de un sistema coloidal hidrofílico que, disuelto en fase acuosa, forma una matriz densa que puede proteger compuestos activos y permitir su liberación controlada en la matriz aplicada [3]. La actividad antifúngica se obtiene por la incorporación en la formulación de compuestos con probada actividad antifúngica, como ser aceites esenciales, extractos vegetales, aditivos alimentarios, y otros compuestos de baja toxicidad compatibles con alimentos, clasificados como GRAS [5]. La incorporación de estas sustancias en la matriz del recubrimiento comestible permite retener el compuesto y así prolongar su actividad antifúngica [6]. Nuestro grupo de trabajo ha demostrado previamente el efecto antifúngico de sustancias GRAS, sobre los principales géneros fúngicos causantes de pudriciones de pre y poscosecha, en cultivos de interés regional [7], [8], [9], [10] tanto *in vitro* como *in vivo*.

En este contexto, se planteó como objetivo del trabajo la formulación de recubrimientos comestibles a base de almidón de mandioca (Alm) y glicerol, combinados con sustancias GRAS como el sorbato de potasio (SK) y polihexametilenguanidina (PHMG), como una estrategia alternativa al uso de fungicidas para el control de podredumbres causadas por aislamientos locales de hongos fitopatógenos.

## METODOLOGÍA

### *Químicos, cepas fúngicas y frutas utilizadas*

Se utilizó almidón de mandioca (Dimax®) obtenido en tiendas locales, sorbato de potasio (Sigma-Aldrich & Co.), glicerol (Cecarelli) de grado pro-análisis y Graduate A+® (Syngenta). Las cepas de fitopatógenos empleadas fueron *Botrytis cinerea*, *Penicillium digitatum* (sensible, PDS, o resistente, PDR, a fungicidas de síntesis química comerciales), *P. italicum* y *P. expansum*, los cuales fueron obtenidas a partir de frutos infectados naturalmente y depositados en el cepario de INSIBIO. Los fitopatógenos crecieron regularmente en medio de cultivo agar papa [11], añadiendo glucosa al 2% (Cecarelli) (APG). Para los experimentos *in vivo* se emplearon frutos de tomate y limones en madurez comercial, como modelo de infección de los fitopatógenos. Los tomates se adquirieron en puestos comerciales mientras que los limones fueron provistos por la empresa Tres Soles S.A., de la Finca Las Tipas en la localidad de Lules, Tucumán.

### *Preparación de la solución filmogénica*

Se siguió la metodología propuesta por Mehyar et. al [6] con algunas modificaciones. Resumidamente, se prepararon suspensiones acuosas de distintas concentraciones de almidón (1, 3 y 5% (p/v)) a la cual se le añadió glicerol (1,6% (p/v)) como plastificante. Las suspensiones se calentaron en agitador termostático agitando a 700 rpm hasta temperatura de ebullición (98°C) y se mantuvieron en esas condiciones por 5 minutos. Se dejó enfriar a temperatura ambiente y se añadieron las distintas sustancias a las concentraciones a ensayar. Para las evaluaciones *in vitro*: 3% de SK, 500 ppm de PHMG y 10 ppm del fungicida comercial GraduateA+® (Grad). Para las evaluaciones *in vivo*: 6% de SK, 1000ppm de PHMG y 500ppm de Grad. En ambos casos se preparó un control de solución filmogénica sin aditar.

### *Formación de films*

Los films fueron obtenidos por método de vaciado, vertiendo 7 gramos de solución filmogénica a temperatura ambiente en cajas de poliestireno de 60 mm de diámetro y se dejó secar a 37°C por 24h. Los films obtenidos se dejaron reposar 2h a temperatura y humedad ambiente. La calidad de los films fue evaluada cualitativamente según su facilidad para ser separado del soporte debido a su flexibilidad.

### *Evaluación de la actividad antifúngica in vitro*

Para evaluar la actividad antifúngica, se expusieron tapices de cada fitopatógeno a ensayar en medio APG, obtenidos al agregar suspensiones de conidias en el medio estéril, fundido y enfriado a 45°C, para alcanzar una concentración final de 10<sup>6</sup> conidias/mL. Una vez solidificadas las placas, se colocaron los films obtenidos según lo descrito anteriormente y aditivados o no con las distintas sustancias a ensayar. Como control se realizó el mismo ensayo formando pocillos en los tapices de los fitopatógenos en los que se depositaron alícuotas de soluciones acuosas de las sustancias a ensayar a las distintas concentraciones. Las placas resultantes se incubaron por 72h a 25 °C y se evaluó la formación de halos de inhibición para cada condición.

### *Evaluación de la actividad antifúngica in vivo*

Se evaluó la actividad antifúngica siguiendo un esquema curativo (fig. 1) que consiste en la inoculación previa (24h antes del tratamiento) de la fruta sana, lavada y sin heridas con los fitopatógenos elegidos para cada caso. Los limones fueron infectados con *P. digitatum* y *P. italicum*, mientras que los tomates Cherry fueron inoculados con *B. cinerea*. Para ambas inoculaciones artificiales se emplearon punzones sumergidos en la suspensión de conidias ajustadas a 10<sup>5</sup> o 10<sup>6</sup> UFC/ml realizando una herida de 3 mm de profundidad. La fruta inoculada se incubó a temperatura ambiente con 90% de humedad relativa por 24h y luego se aplicaron con pincel las distintas soluciones filmogénicas a ensayar. La fruta inoculada y recubierta fue incubada 5 a 7 días a temperatura ambiente y 90% de humedad relativa, y se determinó la incidencia de podredumbres fúngicas de acuerdo a la siguiente expresión matemática:

$$\text{Incidencia de podredumbre (\%)} = 100 * \frac{\text{n}^\circ \text{ de frutas infectadas}}{\text{n}^\circ \text{ total de frutas}}$$

Además, siguiendo las escalas de severidad para *P. digitatum* y para *P. italicum* (fig. 2) reportadas previamente por Gianinetta Gola [12] y por Jesús Lazarte [13] se evaluó el grado de severidad de la enfermedad desarrollada en limones inoculados.

Tabla 1 - Evaluación cualitativa de la calidad de distintas formulaciones de film.

Almidón %	Glicerol %	Facilidad para remover de placa	Flexibilidad
1	1,6	+	++
2,5	1,6	+	++
5	1,6	++	+

+: Aceptable; ++: Deseable

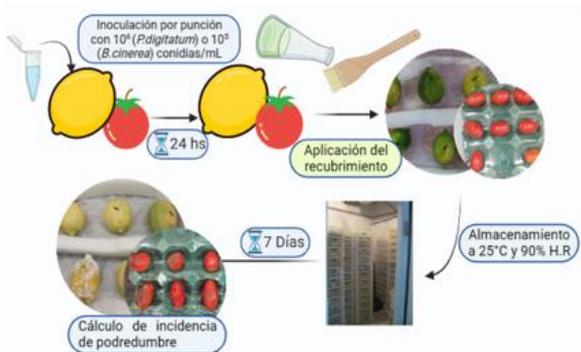


Figura 1 - Metodología seguida para determinar la incidencia de podredumbre en esquema curativo



Figura 2 - Escala de grados de severidad de podredumbres fúngicas en limón. a) Grados de severidad de podredumbre verde por *P. digitatum*. b) Grados de severidad de podredumbre azul por *P. italicum*

**Evaluación de pérdida de peso**

Se evaluó la influencia del recubrimiento aditivado con distintas sustancias en la pérdida de peso de los limones tratados y almacenados. Para ello, limones sanos y limpios fueron recubiertos como se describió previamente y se colocaron en un contenedor plástico con tapa que se almacenó a temperatura y humedad ambiente. Se registró el peso de los limones cada 48 horas durante 20 días de almacenamiento en total. Con la diferencia de peso entre el tiempo inicial y final se calculó el porcentaje de pérdida de peso respecto al peso inicial. Se informa el promedio de triplicados de cada condición.

**Análisis estadístico**

Para los ensayos *in vitro*, se realizaron tres réplicas para cada condición, y todos los ensayos se realizaron tres veces. En los ensayos *in vivo* se incluyeron 3 réplicas de 5 limones o 10 tomates para cada condición y se repitieron tres veces. En todos los casos, los datos fueron sometidos a análisis de varianza seguido de la prueba de Tukey con el software Infostat, (versión 2013 para Windows) y se consideraron diferencias significativas de valor de *p* 0,05.

**RESULTADOS**

**Formación de film**

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos para las diferentes formulaciones de las soluciones filmogénicas. El film con mejores características de acuerdo a los parámetros de calidad establecidos fue el que contenía 5% de almidón de mandioca y 1,6% de glicerol, dado que presentó mayor facilidad para removerse del soporte sin perder la flexibilidad deseada.

**Evaluación de la actividad antifúngica in vitro**

La figura 3 muestra el efecto antimicrobiano sobre tapices fúngicos de fitopatógenos de los films obtenidos. Se observó un marcado efecto antimicrobiano de SK y PHMG, tanto en solución acuosa como en su incorporación en films, indicando que las sustancias tienen la capacidad de difundir de la matriz del film hacia el medio agarizado, logrando controlar el desarrollo micelial de los patógenos ensayados. En las dosis empleadas, el efecto de SK fue comparable al antifúngico comercial Grad. En cuanto a PHMG, la difusión del compuesto parece ser menor, ya que se evidenció una marcada inhibición en el desarrollo de los patógenos sobre el film de almidón, aunque no se formó un halo de inhibición apreciable alrededor del mismo.

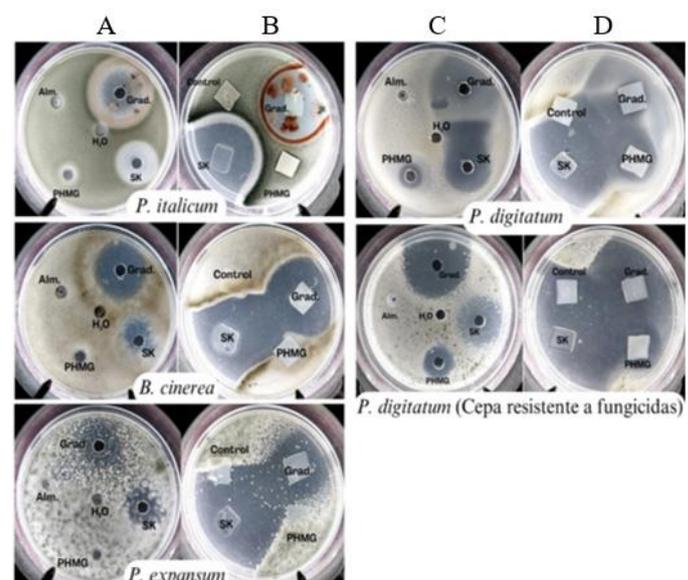


Figura 3 - Efecto antimicrobiano sobre tapices fúngicos. Columnas A y C: soluciones acuosas de sustancias indicadas agregadas en pocillos. Columna B y D: films aditivados con las sustancias indicadas: Sorbato de potasio 3% (SK), Polihexametilenguanidina 500ppm (PHMG), Graduate A+ ® 10ppm (Grad), Almidón de mandioca 5% (Alm), Control: film sin aditivar

**Evaluación de la actividad antifúngica in vivo**

En la figura 4a se muestra la incidencia de podredumbres fúngicas en limones inoculados artificialmente y recubiertos con las distintas formulaciones de films. La aplicación de recubrimiento aditivado con SK logró disminuir la incidencia de enfermedad en más de un 60% tanto para la podredumbre azul como la podredumbre verde, debidas a *P. italicum* y *P. digitatum*, respectivamente. En la figura 4b se observa la disminución de la severidad de la podredumbre azul desarrollada en limones inoculados y tratados con el recubrimiento que contenía 6% de SK, respecto al control sin recubrir. Se puede observar que los limones tratados alcanzan una severidad de grado 1 a 2, mientras que en los controles la enfermedad se desarrolló hasta un grado 4 de severidad, al mismo tiempo de almacenamiento. En el caso de la podredumbre verde,

se observa que en el control sin tratar la enfermedad desarrolló hasta un grado 5 de severidad, mientras que en los limones tratados solo se alcanzó un grado 3, luego del mismo tiempo.

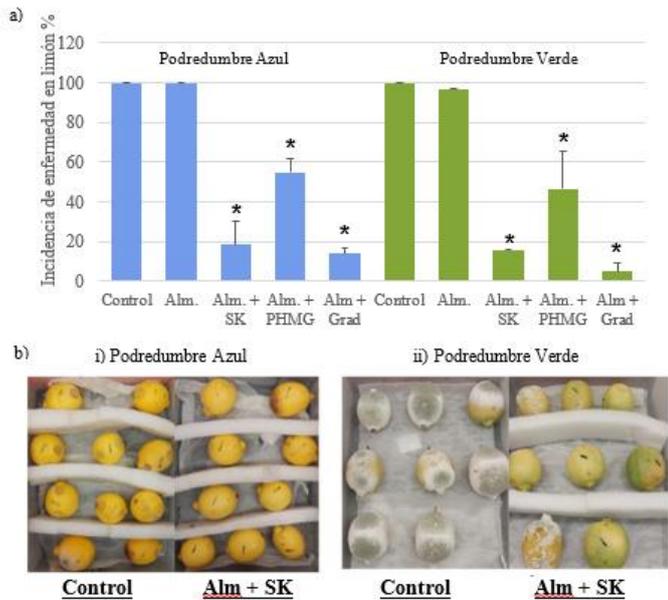


Figura 4 - Efecto antifúngico de distintos recubrimientos sobre podredumbres del limón. a) Incidencia porcentual de podredumbre azul y podredumbre verde para los distintos recubrimientos aplicados. Los \* indican diferencias significativas respecto del control sin tratamiento. b) Imagen representativa de la severidad comparada de podredumbre azul (i) y podredumbre verde (ii) en limones con recubrimiento aditivado y sin recubrir.

En la figura 5a se muestra la incidencia de podredumbre gris debida a *Botrytis cinérea* en tomates inoculados artificialmente. La aplicación del recubrimiento aditivado con 6% de SK resultó en una disminución significativa de la incidencia de enfermedad, también cercana al 60% observado en limones. En la figura 5b se muestra el efecto del recubrimiento sobre la severidad de la enfermedad, respecto a un control sin tratamiento.

En la figura 5a se muestra la incidencia de podredumbre gris debida a *Botrytis cinérea* en tomates inoculados artificialmente. La aplicación del recubrimiento aditivado con 6% de SK resultó en una disminución significativa de la incidencia de enfermedad, también cercana al 60% observado en limones. En la figura 5b se muestra el efecto del recubrimiento sobre la severidad de la enfermedad, respecto a un control sin tratamiento.

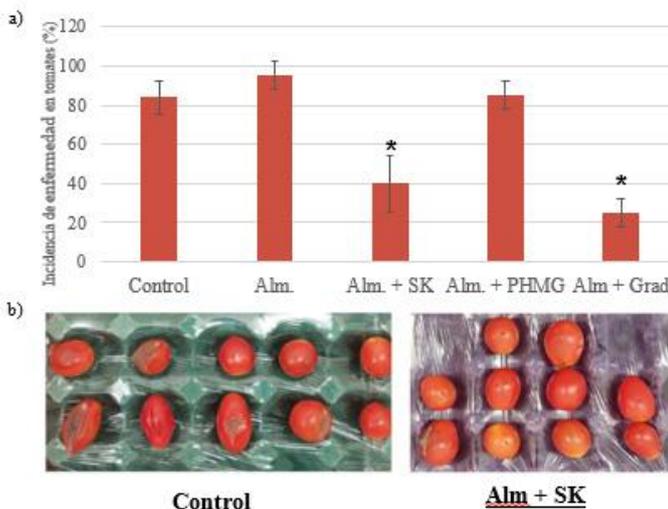


Figura 5 - Efecto antifúngico de distintos recubrimientos sobre podredumbre gris en tomate. a) Incidencia porcentual de podredumbre gris para los distintos recubrimientos aplicados. Los \* indican diferencias significativas respecto del

control sin tratamiento. b) Imagen representativa de la severidad comparada de podredumbre en tomates con recubrimiento aditivado y sin recubrir. Respecto de la aplicación del recubrimiento aditivado con PHMG, se observó una disminución significativa de la podredumbre verde en limones, pero no fue eficiente para controlar el resto de las enfermedades estudiadas.

### Evaluación de la pérdida de peso

La figura 6 muestra la pérdida de peso de los limones respecto al peso inicial de cada uno de ellos luego de los distintos tratamientos ensayados. Se observa que, respecto al control, la aplicación de un recubrimiento a base de almidón aditivado de las sustancias GRAS ensayadas no produjo cambios significativos en la pérdida de peso en el tiempo de 20 días de almacenamiento.

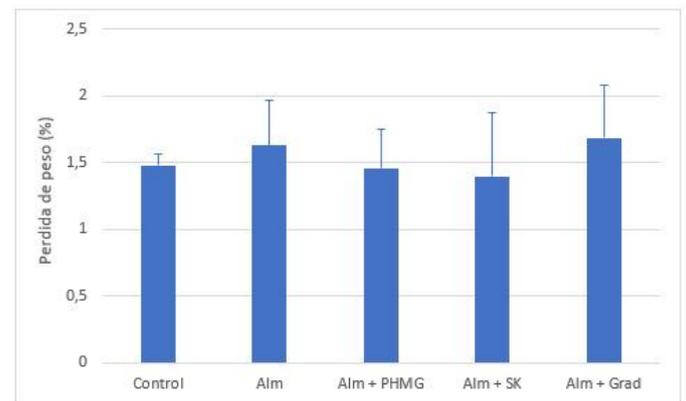


Figura 6 - Efecto de recubrimientos de almidón aditivado de distintas sustancias sobre la pérdida de peso de limones.

### DISCUSIÓN

En este trabajo demostramos la capacidad antifúngica de un recubrimiento comestible y/o un film formulado a base de almidón de mandioca y aditivado con SK para el control de podredumbres verde y azul en limones y podredumbre gris en tomate. El uso de estas sales para el control de estas enfermedades en cítricos ha sido reportado previamente [14] y su incorporación en films a base de almidón de origen vegetal supone una ventaja, ya que preserva la actividad antifúngica de la sal mejorando su eficiencia durante el almacenamiento de postcosecha de numerosos frutos, como tomates, manzanas y pepinos [6] [15]. Sin embargo, nuestros estudios resaltan la capacidad del formulado de actuar en un esquema curativo debido a la disrupción en las barreras físicas de la fruta. En cuanto al control de la podredumbre gris en tomates, la incorporación de sales GRAS en un recubrimiento a base de almidón resultó un tratamiento efectivo de control, coincidiendo con lo reportado por Yang *et. al* al utilizar natamicina [16]. Incorporar sorbato de potasio como antifúngico en un recubrimiento puede suponer una difusión controlada sobre la fruta [17], potenciando así su actividad en el tiempo. Según el CAA, se permite el uso de hasta 100 ppm (o 10%) de sorbato de potasio para el tratamiento y conservación de frutas desecadas, mientras que no se encuentra regulado su uso para frutas frescas [18]. Si bien la aplicación de PHMG en ensayos *in vivo* no resultó efectiva para el control de podredumbre azul en limones y podredumbre gris en tomates, sí demostró un control eficiente del desarrollo de los fitopatógenos causantes de dichas pudriciones, *in vitro*. A su vez, y en concordancia con estudios previos de nuestro grupo de trabajo, la PHMG logró disminuir

significativamente la podredumbre verde en limones [10], una de las enfermedades fúngicas más importantes que afectan la producción mundial de cítricos. Respecto de la PHMG, el mismo cuenta con el registro nacional para su uso como desinfectante y está clasificado como poco peligroso en base a los valores de toxicidad dermal y oral aguda, no es alergénico ni produce irritación en la piel [19]. De esta manera, en este trabajo se demuestra la capacidad antifúngica de un recubrimiento comestible a base de almidón de mandioca aditivado con sorbato de potasio para el control de diversas pudriciones fúngicas de poscosecha desarrolladas en producciones frutihortícolas de importancia económica para nuestra región.

## CONCLUSIÓN

Un recubrimiento comestible formulado a base de almidón de mandioca al 5% y suplementado con sorbato de potasio al 6% logró reducir significativamente la incidencia y severidad de la podredumbre gris en tomate y las podredumbres azul y verde en limones, respecto a un control sin tratamiento. De esta manera se demuestra la potencialidad de la aplicación de recubrimientos aditivados con sustancias GRAS como una alternativa prometedora para el control de podredumbres fúngicas desarrolladas durante la poscosecha de cítricos y tomate.

## REFERENCIAS

- [1] L. Palou, M.B. Pérez-Gago. "GRAS salts as Alternative Low-Toxicity chemicals for postharvest preservation of fresh horticultural products". En *Plant Pathology in the 21st Century*, D. Spadaro, S. Droby, M.L. Gullino, Vol 11. Springer, Cham **2020**, 163-179. doi:10.1007/978-3-030-56530-5\_11
- [2] K. Ncama, "Plant-based edible coatings for managing postharvest quality of fresh horticultural produce: a review." *Food Packaging and Shelf Life*. **2018** ;16:157-167. doi:10.1016/j.fpsl.2018.03.011
- [3] E. Díaz-Montes, R. Castro-Muñoz. "Edible Films and Coatings as Food-Quality Preservers: An Overview". *Foods*. **2021** ;10(2):249. doi:10.3390/foods10020249
- [4] B. Di Millo, V. Martínez-Blay, M.B. Pérez-Gago, et al. "Antifungal hydroxypropyl methylcellulose (HPMC)-Lipid Composite Edible Coatings and Modified Atmosphere Packaging (MAP) to reduce postharvest decay and improve storability of 'Mollar de Elche' pomegranates". *Coatings*. **2021** ;11(3):308. doi:10.3390/coatings11030308
- [5] M.E.D. Álvarez, L. Palou, V. Taberner, et al. "Natural Pectin-Based edible composite coatings with antifungal properties to control green mold and reduce losses of 'Valencia' oranges". *Foods*. **2022** ;11(8):1083. doi:10.3390/foods11081083
- [6] G.F. Mehyar, H.M. Al-Qadiri, B.G. Swanson. "Edible coatings and retention of potassium sorbate on apples, tomatoes and cucumbers to improve antifungal activity during refrigerated storage". *Journal of Food Processing and Preservation*. **2012** ;38(1):175-182. doi:10.1111/j.1745-4549.2012.00762.x
- [7] L. Cerioni, V.A. Rapisarda, M. Hilal, F.E. Prado, L. Rodríguez-Montelongo. "Synergistic antifungal activity of sodium hypochlorite, hydrogen peroxide and cupric sulfate against *Penicillium digitatum*". *J. Food Prot.* **2009** 72:1660-5.
- [8] L. Cerioni, M.A. Lazarte, J.M. Villegas, L. Rodríguez-Montelongo, S.I. Volentini. "Inhibition of *Penicillium expansum* by an oxidative treatment". **2013** *Food Microbiol.* 33: 298-301.
- [9] L. Cerioni, V.A. Rapisarda, J. Doctor, S. Fikkert, T. Ruiz, R. Fassel, J.L. Smilanick. "Use of phosphite salts in laboratory and semi-commercial tests to control citrus postharvest decay". **2013**. *Plant Disease* 97: 201-212.
- [10] G.M. Olmedo, L. Cerioni, M. Sepúlveda, J.C. Ramallo, V.A. Rapisarda, S.I. Volentini. "Polyhexamethylene guanidine as a fungicide, disinfectant and wound protector in lemons challenged with *Penicillium digitatum*". *Food Microbiology*. **2018** ;76:128-134. doi:10.1016/j.fm.2018.03.018
- [11] J.I. Pitt, A.D. Hocking. "Methods for isolation, enumeration and identification". En *Fungi and Food Spoilage*, Springer, Boston: MA. **2009**:19-52. doi:10.1007/978-0-387-92207-2\_4
- [12] G.A. Gianinnetto Gola, "Manejo de poscosecha en limón: monitoreo ambiental y revalorización de conceptos claves para el control de moho verde causados por *Penicillium digitatum*." Tesina de Grado, Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán **2015**.
- [13] V. Jesús Lazarte, "Evaluación de tratamientos alternativos, sales de baja toxicidad y nuevas moléculas para el control de cepas de *Penicillium digitatum* e *italicum* resistentes a Imazalil, Tiabendazol y Pirimetanil" Tesina de Grado, Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán **2018**.
- [14] J.L. Smilanick, M. Mansour, F.M. Gabler, D. Sorenson, "Control of citrus postharvest green mold and sour rot by potassium sorbate combined with heat and fungicides." *Postharvest Biology and Technology*. **2008**;47(2):226-238. doi:10.1016/j.postharvbio.2007.06.020
- [15] G.F. Mehyar, H.M. Al-Qadiri, H.A. Abu-Blan, B.G. Swanson. "Antifungal effectiveness of potassium sorbate incorporated in edible coatings against spoilage molds of apples, cucumbers, and tomatoes during refrigerated storage". *Journal of Food Science*. **2011**;76(3):M210-M217. doi:10.1111/j.1750-3841.2011.02059.x
- [16] Y. Yang, H. Chen, X. Liang, S. Fang, J. Wang, J. Chen. "Development of Starch-Based antifungal coatings by incorporation of Natamycin/Methyl-B-Cyclodextrin inclusion complex for postharvest treatments on cherry tomato against *Botrytis cinerea*". *Molecules*. **2019**;24(21):3962. doi:10.3390/molecules24213962
- [17] O.V. López, L. Giannuzzi, N.E. Zaritzky, M.A. García, "Potassium Sorbate controlled release from Corn Starch Films.", *Materials Science and Engineering: C*. **2013** ;33(3):1583-1591. doi:10.1016/j.msec.2012.12.064
- [18] Boletín Oficial República Argentina - Secretaría de Regulación y Gestión Sanitaria y Secretaría de Alimentos y Bioeconomía - Resolución Conjunta 5/2019.
- [19] Boletín oficial República Argentina - Secretaría de Políticas, Regulación e Institutos A.N.M.A.T - Disposición N° 7668 - 12 de Julio **2017**.