



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Control de patógenos de poscosecha mediante el uso de biocontroladores

Vázquez, D.; Musumeci, M. A.; Almirón, N.; Ferreira, F. V.; Herrmann-Andrade A. M.; Calabrese, C. D.; Bello, F.
vazquez.daniel@inta.gob.ar

Las enfermedades de poscosecha constituyen el principal factor que afecta la calidad de frutos cítricos y consecuentemente su valor de mercado, representando un ejemplo típico de daño evolutivo. El control de estas alteraciones es esencial para el mantenimiento de la vida útil de la fruta, en particular de aquellas partidas destinadas a mercados lejanos. El moho verde (*Penicillium digitatum* Sacc.) es el principal patógeno de poscosecha de cítricos, siendo su desarrollo favorecido cuando la recolección se produce en días húmedos y temperaturas templadas.

El control del moho verde en empaques se basa principalmente en el uso de fungicidas sintéticos. Los principios activos más utilizados son imazalil, orto-fenil fenato de sodio, tiabendazol y pirimetanil. No obstante, en ambientes donde se ha sostenido un uso continuo de ellos, se han observado incrementos en las poblaciones del patógeno capaces de resistir las dosis comerciales de estos fungicidas. La aparición de aislamientos resistentes a los fungicidas sintéticos de uso corriente, sumado a las exigencias de los mercados compradores respecto a los límites máximos de residuos y la necesidad de proveer alimentos libres de químicos con efectos potencialmente nocivos para la salud, han impulsado el desarrollo de métodos alternativos o complementarios para el control de este patógeno.

La Sección Poscosecha de la EEA Concordia INTA ha estudiado distintos métodos alternativos de control de moho verde. Entre ellos se mencionan los tratamientos físicos ya sean térmicos (agua o aire caliente), o luz UV-C; métodos químicos como los aditivos alimentarios, sustancias GRAS y naturales. Los resultados obtenidos si bien fueron alentadores en muchos casos, ninguno de ellos, por sí solos, presentaron la efectividad ni persistencia de los fungicidas de síntesis.

Por ello, actualmente se dedican esfuerzos importantes a evaluar la integración de dos o más sistemas compatibles entre sí. En general se busca un efecto aditivo o sinérgico de forma que el tratamiento combinado sea más eficaz y/o persistente que los tratamientos individuales o un efecto complementario de forma que el tratamiento combinado permita controlar tanto las infecciones producidas con anterioridad al tratamiento (efecto curativo) como aquellas que puedan producirse con posterioridad al mismo (efecto preventivo).

Dos tecnologías emergentes que muestran potencial para contribuir a un control sustentable de patógenos en el campo de la poscosecha de cítricos son el biocontrol y la nanotecnología. El control biológico puede definirse como la manipulación directa o indirecta por parte del hombre de los agentes vivos (antagonistas) que de forma natural presentan capacidad de control de los agentes patógenos. La nanotecnología puede aplicarse para potenciar la actividad biológica de compuestos bioactivos cuyas propiedades fisicoquímicas pueden ser deterioradas por factores medioambientales. Es el caso de compuestos derivados de aceites esenciales vegetales, con una potente actividad



antimicrobiana, pero cuya utilización se ve restringida debido a su volatilidad y escasa solubilidad en agua.

Entre los agentes de biocontrol se destaca *Trichoderma* spp., especie de hongo filamentoso ubicuo, simbiote de plantas y no virulento que habita naturalmente en los suelos. Es utilizado ampliamente en agricultura como antifúngico natural para el control de enfermedades y mejoras de rendimiento de cultivos a través de aplicaciones foliares, tratamiento de semillas o suelos. Su versatilidad ha permitido el desarrollo de una gama de productos utilizados para la protección y fertilización de frutos y cultivos, habiéndose reportado su uso para el control de distintos patógenos de poscosecha en frutas. Entre ellas se menciona antracnosis (*Colletotrichum musae*) en banana, moho gris (*Botrytis cinerea*) en uva, kiwi, pera y frutilla, podredumbres en guayaba y cereza causadas por *Phomopsis psidi*, *Rhizopus* spp. y *Alternaria alternata*, podredumbre morena (*Molinia fructicola*) en durazno.

Trabajos interdisciplinarios entre INTA Concordia y un laboratorio de doble dependencia CONICET – Fac. de Ciencias de la Alimentación, UNER, dirigido por Dr. Matías Musumeci, permitieron obtener resultados alentadores sobre el potencial de un aislamiento de *Trichoderma* sp. como agente de biocontrol. Ensayos *in vitro* mostraron que el mismo fue capaz de inhibir el crecimiento de un aislamiento de *P. digitatum* resistente a pirimetanil en un 80 %. Dicho aislamiento fue obtenido de mandarinas clementinas procesadas en una planta de empaque de nuestra región. Imágenes tomadas con un microscopio óptico mostraron que las esporas de *Trichoderma* sp. fueron capaces de atacar las fiálides de *P. digitatum* en estado natural, produciendo su disrupción. Más aún, resultados *in vivo* mostraron que *Trichoderma* sp. ejerció un efecto protector en naranjas heridas e inoculadas con la mencionada cepa de moho verde.

Estos resultados preliminares sugieren la existencia de un mecanismo de biocontrol del moho por parte de *Trichoderma* sp. y motivaron al grupo de trabajo a profundizar las bases moleculares que gobiernan tal mecanismo, a fin de generar una plataforma de conocimiento que permita el desarrollo de una estrategia eficaz para el control del patógeno. Para ello se presentó a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica un Proyecto cuyo objetivo general es explorar el estado actual de resistencia de *P. digitatum* a fungicidas poscosecha en cítricos y producir conocimientos básicos y aplicados que permitan el desarrollo de tecnologías alternativas y/o complementarias al uso de fungicidas sintéticos para un control sustentable del mencionado patógeno, basados en: (i) biocontrol mediante un aislado regional de *Trichoderma* sp. y (ii) aplicación de aceites esenciales vegetales solubilizados bajo la forma de nanoestructuras funcionales. Se busca que estas tecnologías, aplicadas en distintas etapas de la poscosecha, contribuyan a controlar aislamientos de moho verde resistentes a fungicidas sintéticos.

Este proyecto fue aprobado por la Agencia en 2019 y se encuentra a la espera de su financiamiento. No obstante, ya se han iniciado algunas experiencias. Entre los resultados obtenidos se menciona la obtención de siete aislamientos de *Trichoderma* de la rizosfera de árboles cítricos. Los mismos fueron identificados por análisis morfológico y molecular (*T. harzianum*, *T. ghizhouense*, *T. atroviride*, *T. koningiopsis*). Cinco de ellos tuvieron un buen comportamiento antagónico en ensayos *in vitro*. *T. harzianum* fue el mejor agente de biocontrol *in vivo*, con una importante secreción de enzimas con actividad antifúngica como



quitinasas y glucanasas. Además, este aislamiento tuvo un buen comportamiento contra otros patógenos de cítricos, como *C. gloeosporioides* (antracnosis) y *A. alternata* (podredumbre negra). Los resultados fueron publicados recientemente en una revista internacional de investigación científica (Ferreira FV y col., *Journal of Applied Microbiology* 2020)

Bibliografía

Burdyn, L.; Garrán, S.M.; Avanza, M.M.; Almirón, N.: Resistencia de *Penicillium digitatum* y *Penicillium italicum* a los fungicidas de uso corriente en poscosecha. En: *Libro de Resúmenes VI Congreso Argentino de Citricultura*, San Miguel de Tucumán. p.112, 2010.

Cocco, M.: Control del moho verde (*Penicillium digitatum*) en poscosecha de naranjas y mandarinas, mediante la combinación de curado, luz ultravioleta y bicarbonato de sodio, manteniendo su calidad. Trabajo de tesis para optar al grado de Magíster en Producción Vegetal, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina, p. 75, 2011.

Cocco, M.; Vázquez, D.; Albors, A.; Cháfer, M.; Meier, G. E.; Bello, F.: Combinación de tratamientos térmicos y bicarbonato de sodio para el control de *Penicillium digitatum* en frutos cítricos. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, 9 (1):55-62, 2008.

Cocco, M.; Vázquez, D.; Meier, G.; Bello, F.; Almirón, N.: Evaluación de la combinación de fungicida y bicarbonato de sodio para el control del moho verde en mandarinas. En: *Libro de resúmenes IV Jornadas Argentinas de Biología y Tecnología de Postcosecha*, Mendoza, Argentina. p. 24, 2011.

Ferreira, F.; Herrmann-Andrade, A.; Calabrese, C.; Bello, F.; Vázquez, D.; Musumeci, M. Effectiveness of *Trichoderma* strains isolated from the rhizosphere of citrus tree to control *Alternaria alternata*, *Colletotrichum gloeosporioides* and *Penicillium digitatum* A21 resistant to pyrimethanil in post-harvest oranges. *Journal of Applied Microbiology*. 2020.

Gil Amado, L. Alternativas al control químico en poscosecha. Manejo integrado y ecológico. En: *Aplicación de la tecnología poscosecha en cultivos de la Comunidad Valenciana. Bases de la tecnología poscosecha*. www.bibliotecahorticultura.com. 2019.

Musumeci, M.; Bello, F. ; Pérez, A.; Vázquez, D. PICT 2018. Relevamiento de moho verde resistente a fungicidas sintéticos en cítricos poscosecha y tratamiento con alternativas basadas en biocontrol y nanopartículas

Palou, L. Patología poscosecha de los frutos cítricos. En: *Aplicación de la tecnología poscosecha en cultivos de la Comunidad Valenciana. Tecnología poscosecha en cítricos*. www.bibliotecahorticultura.com. 2019.

Vázquez, D., Panozzo, M., Almirón, N., Bello, F., Burdyn, L., and Garrán, S. Characterization of sensitivity of grove and packing house isolates of *Penicillium digitatum* to pyrimethanil. *Postharvest Biology and Technology* 98, 1-6. 2014.



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Sin tratamiento

7 días post-infección
con *P. digitatum*



Naranjas protegidas con *Trichoderma harzianum*

7 días post-infección
con *P. digitatum*



14 días post-infección
con *P. digitatum*



Conidios de *Trichoderma* spp. atacando *P. digitatum* y *A. alternata*

