



Lluís Palou

lluis.palou@ivia.es

Centre de Tecnologia Postcollita, Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA);
Fundació de la Comunitat Valenciana per a la Investigació Agroalimentària (Fundació Agroalimed).

Ctra. Montcada - Nàquera km. 4,5;
46113 Montcada, València.

- No existen todavía a disposición del sector tratamientos no contaminantes alternativos a los fungicidas químicos que controlen las enfermedades de poscosecha de manera eficaz y coste-efectiva sin incidir negativamente en la calidad del producto

Evaluación de alternativas para el tratamiento antifúngico en poscosecha de cítricos de Producción Integrada

En el caso de las frutas y hortalizas para el consumo en fresco, la problemática de la aplicación de agroquímicos resulta especialmente importante durante la fase de poscosecha, que es precisamente cuando el producto está más próximo al consumidor

Resumen

Las normas técnicas de Producción Integrada (PI) de cítricos, establecidas en España en el ámbito de las CC AA, toleran actualmente la utilización de fungicidas químicos de poscosecha y en la práctica existen pocas diferencias entre los tratamientos antifúngicos que se realizan en PI y los que se realizan en Producción Convencional. Ello se debe a que no existen todavía a disposición del sector tratamientos no contaminantes alternativos a los fungicidas químicos que controlen las enfermedades de poscosecha de manera eficaz y coste-efectiva sin incidir negativamente en la calidad del producto. La implementación en PI de tratamientos de este tipo se adecuaría mucho más a los objetivos de Agricultura Sostenible y respeto al medio ambiente inherentes a la PI y supondría, respecto a la Producción Convencional, un valor añadido real muy apreciado en la coyuntura actual de los mercados. En el presente artículo se describen los principales sistemas alternativos físicos, químicos y biológicos que, solos o combina-

dos, se están ensayando como para el control no contaminante de las principales enfermedades de poscosecha de cítricos.

Introducción

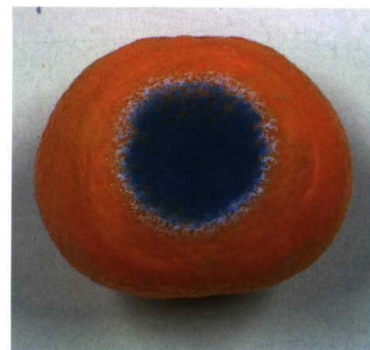
Uno de los objetivos básicos de los sistemas de Producción Integrada (PI) de productos agroalimentarios es la obtención rentable de productos de calidad utilizando técnicas que minimicen la generación de residuos de productos fitosanitarios y sean respetuosas al máximo con el medio ambiente. En el caso de las frutas y hortalizas para el consumo en fresco, la problemática de la aplicación de agroquímicos resulta especialmente importante durante la fase de

- En el presente artículo se describen los principales sistemas alternativos físicos, químicos y biológicos que, solos o combinados, se están ensayando como para el control no contaminante de las principales enfermedades de poscosecha de cítricos



poscosecha, que es precisamente cuando el producto está más próximo al consumidor. En este sentido, las distintas normas técnicas para la PI, establecidas en el ámbito de las CC AA pero reguladas también a nivel estatal, establecen para la recolección y cada una de las prácticas a realizar en poscosecha una serie tanto de normas estrictas (obligaciones y prohibiciones) como de recomendaciones encaminadas a minimizar la utilización de estos productos químicos. Una de las finalidades primordiales de la aplicación de tratamientos de poscosecha es el control efectivo de las enfermedades o podredumbres que limitan la vida útil de los productos hortofrutícolas y reducen considerablemente su potencial de conservación frigorífica. En el caso de los frutos cítricos, la gran mayoría de los podridos parasitarios producidos durante la globalidad del proceso de comercialización son debidos a infecciones fúngicas y los más importantes económicamente debidos a las especies *Penicillium digitatum* (Pers.:Fr.) Sacc., y *Penicillium italicum* Wehmer, causantes respectivamente de las podredumbres verde y azul.

Las disposiciones referentes a recolección y poscosecha establecidas en las normas técnicas para la PI de cítricos son muy parecidas para todas las CC AA. En lo referente al control de enfermedades de poscosecha, todas las actuaciones contempladas, desde una recolección cuidadosa hasta la aplicación de tratamientos antifúngicos en poscosecha, se dirigen de forma prioritaria a obtener un control efectivo de las podredumbres verde y azul. Así, aparte de las ceras, los únicos agroquímicos tolerados son fungicidas con mayor o menor actividad contra estas dos enfermedades fúngicas. En la Comunidad Valenciana, la norma técnica actual para la PI de cítricos se estableció mediante la Resolución de 23 de noviembre de 2000 del director general de Innovación Agraria y Ganadería (CAPA, 2001). En el anejo XX de



Podredumbres causadas por la especie *Penicillium digitatum* Sacc. y *Penicillium italicum* Wehmer.



Prueba de ensayos preliminares para el control de las podredumbres.

esta norma, que modificaba la establecida por la Resolución de 31 de julio de 1997, se establecían el tiabendazol, el imazalil y el ortofenil-fenol (u ortofenil-fenato sódico) como las tres únicas materias activas permitidas para el tratamiento fungicida de poscosecha. Se especificaba que se evitaría en lo posible su utilización y que, en caso de emplearse, cada fungicida no podría aplicarse más que en un único punto de la línea de tratamiento, no repitiéndose nunca su utilización. Para cada materia activa se establecía el rango de



dosis permitidas y los métodos y condiciones de uso. Este anejo fue modificado posteriormente por la Resolución de 30 de julio de 2004 (CAPA, 2004) para añadir el miclobutanil, el metil-tiofanato y el procloraz a esta lista de fungicidas de poscosecha permitidos. Finalmente se prohibió la utilización del metil-tiofanato a raíz de la Directiva 2006/30/CE de la UE, por la cual a efectos prácticos no se toleran residuos de este fungicida en cítricos. Así, las cinco materias activas autorizadas para PI son las mismas que las autorizadas para Producción Comercial Convencional y, además, los límites máximos de residuos (LMR) autorizados para PI tampoco difieren de los permitidos para Producción Convencional. Estos LMR, armonizados para todos los países pertenecientes a la UE, son los siguientes: tiabendazol (5 ppm), imazalil (5 ppm), ortofenil-fenol (12 ppm), miclobutanil (3 ppm) y procloraz (10 ppm).

Por tanto, a pesar de que la norma técnica recomienda que en PI únicamente se utilicen productos químicos de síntesis cuando sea estrictamente necesario y limita en cierto grado las dosis y el número de aplicaciones, puede afirmarse que, en lo referente a tratamientos antifúngicos de poscosecha, en la práctica no existen diferencias sustanciales entre el manejo convencional y el manejo para PI. Esto es así debido básicamente a dos razones. La primera es que cada vez más la Producción Comercial Convencional se ve sometida a los requerimientos de unos mercados de exportación que, a través de protocolos como el EUREP-GAP (Euro Retailer Group – Good Agricultural Practices), el IFS (International Food Standard) o el BRC (British Retail Consortium), adoptan ante la presión de legisladores y consumidores, filosofías parecidas a la de la propia PI y exigen cítricos con niveles nulos o muy reducidos de residuos químicos. Y la segunda es que desgraciadamente, a día de hoy, no existen aún a disposición

del sector tratamientos no contaminantes alternativos a los fungicidas químicos que controlen las enfermedades de poscosecha de manera eficaz y coste-efectiva sin incidir negativamente en la calidad del producto. Consiguientemente, es debido a esta falta de alternativas que la normativa de PI no puede ser más restrictiva en cuanto a la utilización en poscosecha de fungicidas sintéticos. En este contexto, la búsqueda y la implementación de alternativas viables a los fungicidas convencionales para el control de enfermedades de poscosecha debería priorizarse para que la aplicación de estas tecnologías a los cítricos de PI garantizara la no generación de residuos químicos durante el manejo en poscosecha. Esto permitiría diferenciar todavía más los frutos producidos bajo la denominación PI de los producidos de forma convencional, y esta diferenciación supondría un valor añadido real muy apreciado en la coyuntura actual de los mercados.

Es notable el esfuerzo que la Comunidad Científica Internacional viene realizando en los últimos años para desarrollar sistemas alternativos de control de enfermedades de poscosecha. En el caso de la PI de cítricos estos sistemas deberían adoptarse dentro de una estrategia de control más amplia, que no se limitase a la aplicación de tratamientos antifúngicos en poscosecha, sino que incidiese en todos los factores de precosecha, cosecha y poscosecha determinantes de la incidencia económica de enfermedades. De todas formas, los tratamientos de poscosecha sustitutivos deberían proporcionar un control efectivo de las podre-

dumbres verde y azul, que son con diferencia las enfermedades de mayor importancia económica. En el presente artículo se describen brevemente los principales sistemas alternativos físicos, químicos y biológicos que, solos o combinados, se están ensayando para el control no contaminante de estas enfermedades.

Sistemas físicos

Tratamientos con calor: curado y agua caliente

El curado o tratamiento con aire caliente es un procedimiento por el cual los frutos se almacenan a altas temperaturas (>30°C) y alta humedad ambiental (>90%) durante períodos de tiempo variable (1-3 días). Aunque reduce significativamente la incidencia de las podredumbres verde y azul, el curado de los cítricos no se está utilizando a nivel comercial por el elevado coste que supone calentar grandes cantidades de fruta durante varios días. Además, en casos de aplicación defectuosa pueden producirse efectos adversos en la calidad de la fruta tratada como pueden ser pérdidas de peso o fitotoxicidades debidas a un exceso de calor.

Con tratamientos con agua caliente pueden alcanzarse en algunos casos los efectos beneficiosos del curado con una tecnología mucho más simple, práctica y barata. Baños de poca duración (1-3 min) en agua caliente (>50°C) son efectivos contra las podredumbres verde y azul y otras enfermedades de poscosecha de cítricos. Los principales factores limitantes son la poca persistencia del tratamiento y el estrecho margen existente entre las temperaturas efectivas y las que causan daños irreversibles en la piel de los frutos cítricos. En general, inmersiones a temperaturas superiores a los 53°C resultan fitotóxicas. En Israel se ha patentado un sistema llamado 'hot water brushing' (HWB) consistente en un cepillado de los frutos en la línea de confección de unos 20 s simultáneo a la aplicación en ducha de agua caliente a 62°C.

■ **Es notable el esfuerzo que la Comunidad Científica Internacional viene realizando en los últimos años para desarrollar sistemas alternativos de control de enfermedades de poscosecha**



Irradiaciones

La radiación ionizante con rayos γ , rayos β (electrones acelerados) o rayos X está actualmente cobrando interés como posible método de control de *Penicillium* en cítricos porque se trata de tratamientos efectivos contra la mosca mediterránea de la fruta *Ceratitis capitata*. El principal problema de estos tratamientos, aparte de que resultan caros y poco prácticos puesto que se requieren instalaciones especiales, es que las dosis necesarias para un control efectivo de las podredumbres pueden resultar fitotóxicas y manchar la piel de los frutos. Además pueden superar la dosis máxima establecida por la legislación para la irradiación de frutas y hortalizas para el consumo en fresco (1 kGy). Por ello, una alternativa sería el uso de dosis inferiores en combinación con otros tratamientos complementarios como el calor o ciertos fungicidas a dosis bajas.

La luz ultravioleta (UV) es altamente energética y puede ser fácilmente absorbida por los organismos vivos. Este principio se ha utilizado para la inactivación de esporas de *P. digitatum* y *P. italicum*.

La irradiación a dosis bajas (2-8 kJ m⁻²) de luz UV lejana o de baja longitud de onda (UV-C, entre 100 y 280 nm) sobre los cítricos ya recolectados puede inducir resistencias en la piel del fruto contra enfermedades de poscosecha. Este efecto no se consigue con luz UV de mayores longitudes de onda (UV-B y UV-A), que es más letal para los patógenos pero induce fácilmente fitotoxicidades en los frutos tratados.

Distintas compañías industriales están desarrollando prototipos para la integración de forma práctica y económica de sistemas de aplicación de luz UV-C en las líneas de confección de cítricos.

Tratamientos complementarios

Como sistemas físicos complementarios a otros tratamientos antifúngicos de poscosecha pueden citarse la propia conservación frigorífica (a 3-5°C para naranjas y mandarinas) y la conservación frigorífica en atmósferas controladas convencionales (5-10% O₂ + 0-5% CO₂), atmósferas con monóxido de carbono (5-10% CO), atmósferas de baja presión o hipobáricas (75-175 mm Hg) y atmósferas ozonizadas (0,1-1,0 ppm O₃). El almacenamiento en estas condiciones no ejerce por sí mismo una actividad fungicida pero si una acción fungiestática de inhibición o retraso del crecimiento de los patógenos. Por otro lado, ralentiza la actividad metabólica del fruto y retrasa su entrada en senescencia, ayudando así a mantener la resistencia del fruto a la infección. No obstante, la utilización de estas atmósferas no se ha generalizado












Cultivos Seguros

- **Mejore los resultados de su cosecha con las mallas de protección **MAGROTEX****
- **La solución más segura para sus cultivos**
- **Reconocidas internacionalmente**
 - Mallas de sombreado 40% al 90%
 - Mallas Cortavientos
 - Mallas Mosquiteras
 - Mallas Anti-hierba
 - Mallas Anti-granizo
 - Mallas Anti-plaga
 - Mallas Helix
 - Mallas Voladeros 25*25/16*16
 - Mallas de Ocultación

MAGROTEX
MALLAS AGROTEXTILES, S.L.

Tel.: 93 847 23 58 • Fax: 93 847 01 91
Web: www.magrotexsl.com
E-mail: info@magrotexsl.com



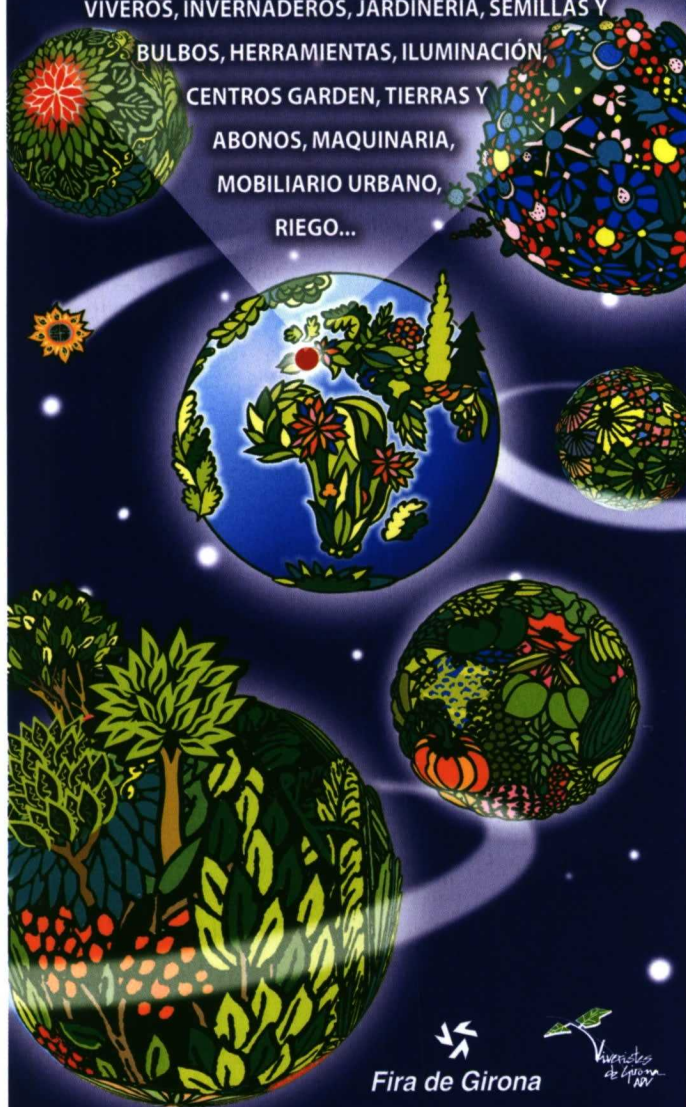


20, 21 y 22 SEPTIEMBRE 2007
GIRONA - PALAU DE FIRES



**SALÓN DE LA PLANTA
 JARDÍN Y COMPLEMENTOS**

VIVEROS, INVERNADEROS, JARDINERÍA, SEMILLAS Y
 BULBOS, HERRAMIENTAS, ILUMINACIÓN
 CENTROS GARDEN, TIERRAS Y
 ABONOS, MAQUINARIA,
 MOBILIARIO URBANO,
 RIEGO...



Fira de Girona *Viveristes de Catalunya*

info@firagirona.com - www.spv.cat

34 900 352 930

Don el suport de



Colabora



Patrocina

LA VANGUARDIA

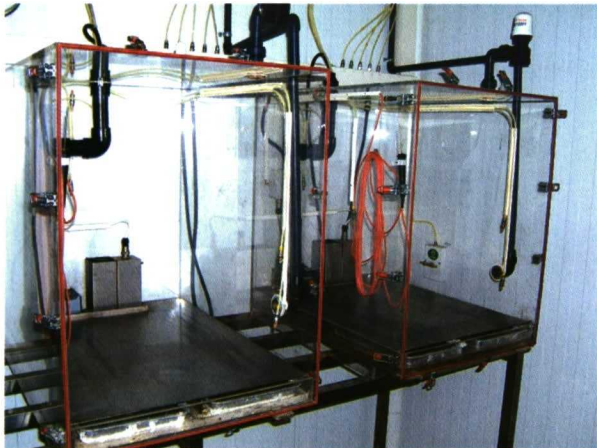


Maquinaria de investigación mediante aplicación de choques gaseosos.

porque las ventajas que proporcionan no compensan los elevados costos de instalación y mantenimiento. El CO₂, además, es un gas inflamable y su uso comporta riesgos de incendio.

El O₃ es un gas altamente oxidante pero incapaz de controlar infecciones de Penicillium establecidas en la piel de los frutos cítricos. Por tanto, en ningún caso puede considerarse un sustituto de los fungicidas aplicados en dréncher o en la línea de confección. La ozonización continua o intermitente del ambiente de las cámaras a dosis bajas no resulta fitotóxica e inhibe de forma importante el crecimiento aéreo de micelio y la esporulación en cítricos conservados en frío, pudiéndose así reducir la carga de inóculo fúngico presente en los almacenes y evitar la proliferación de cepas patogénicas resistentes a los fungicidas. No obstante, el O₃ gaseoso no puede traspasar ni plásticos ni cartones por lo que este efecto únicamente se consigue cuando los frutos están almacenados en envases de

■ Se estima que únicamente alrededor del 2% de las plantas superiores han sido evaluadas por sus propiedades pesticidas y, de hecho, la gran mayoría de ellas lo han sido por sus propiedades insecticidas



gran superficie abierta como cajas o contenedores de campo. Debido a su elevado poder oxidante, el ozono puede resultar dañino para el ser humano, fitotóxico para los frutos y corrosivo para muchos materiales. Por ello es muy importante que, en el caso de que se instale un sistema de generación, se adopten las medidas de seguridad correspondientes y se controle en todo momento la concentración de gas que se genera en el interior de las cámaras frigoríficas.

Laboratorios de ensayo en las instalaciones de IVIA.

Sistemas químicos


Los productos químicos alternativos a los fungicidas de síntesis tradicionales deben ser sustancias, naturales o de síntesis, con efectos residuales sobre el medio ambiente y toxicológicos sobre personas y animales conocidos y muy bajos. Por este motivo no extraña que la mayoría de los candidatos que se ensayan sean sustancias presentes de forma natural en plantas, animales o microorganismos o, en el caso de productos sintetizados artificialmente, sean aditivos alimentarios permitidos sin restricciones por la legislación.

Sustancias naturales

Se estima que únicamente alrededor del 2% de las plantas superiores han sido evaluadas por sus propiedades pesticidas y, de hecho, la gran mayoría de ellas lo han sido por sus propiedades insecticidas. Así, mientras que varios insecticidas se han desarrollado a partir de metabolitos secun-



JILOCA INDUSTRIAL, S.A.
— **Agronutrientes** —



ÁCIDOS HÚMICOS DE LEONARDITA







FABRICA: Antigua Azucarera, s/n.
Tel. +34 978 86 00 11 • Fax +34 978 86 00 30 • E-mail: fabrica@jisa.es
44360 SANTA EULALIA DEL CAMPO (Teruel) España

OFICINA COMERCIAL: Cronista Carreres, 9, 6º.H
Tel. +34 96 351 79 01 • Fax +34 96 352 39 77 • E-mail: jisa@jisa.es
Web: <http://www.jisa.es> • 46003 VALENCIA • España

Estamos por la labor.

Ebro PULEVA





darios de plantas, prácticamente no existen fungicidas comerciales con este origen, aunque a nivel experimental se ha constatado que un gran número de ellos presenta cierta actividad antifúngica. Éste es el caso de distintos extractos de plantas superiores, como los glucosinolatos, producidos por especies de la familia de las crucíferas, o los extractos de Aloe vera o de especies de los géneros Allium y Capsicum. Los aceites esenciales de un número importante de especies vegetales (por ejemplo de los géneros Citrus, Thymus, Origanum, Salvia, Mentha, Rosmarinus, Abies, Pinus, Lavandula o Eucaliptus) han sido evaluados por su capacidad fungitóxica y algunos de los compuestos responsables de esta capacidad, mayoritariamente componentes terpénicos, han sido identificados. Entre ellos destacan el carvacrol, el p-anisaldehído, la L-carvona, el eugenol o la D-limonina.

Distintos componentes naturales del flavedo de los frutos cítricos, ya sean preformados o inducidos (fitoalexinas), también presentan actividad antifúngica. Entre ellos destacan algunos terpenos como el citral y cumarinas como la limetina, la escoparona o la escopoletina. La actividad de todos estos componentes naturales disminuye sensiblemente a medida que el fruto envejece. Algunos se han conseguido sintetizar artificialmente e incluso utilizar como tratamientos fungicidas, aunque aún no a escala comercial. Ciertos compuestos aromáticos volátiles que se producen durante la maduración de algunos frutos, como el acetaldehído, el hexanal o el benzaldehído, también pueden presentar actividad antifúngica.

Distintas plantas y animales pueden producir péptidos antimicrobianos como parte de sus mecanismos naturales de defensa. Algunas de estas proteínas como el hexapéptido PAF19, sintetizado en el IATA de Valencia, o las proteínas quitinasa y β -1,3-glucanasa, biosintetizadas por el fruto como respuesta a un tratamiento estre-

sante, han mostrado capacidad inhibidora de la podredumbre verde de los cítricos. La proteína Harpin (Messenger[®]), aislada a partir de la bacteria patógena Erwinia amylovora, se ha ensayado como sustancia inductora de resistencia a patógenos de poscosecha. El ácido jasmónico y el metil jasmonato, conocidos conjuntamente como jasmonatos, son reguladores naturales del crecimiento con capacidad inhibidora de la podredumbre verde de los cítricos. El quitosano, un polímero de la β -1,4-glucosamina que se obtiene por deacetilación de la quitina del exoesqueleto de los artrópodos y que también es un componente estructural de la pared celular de algunos hongos, y su derivado el glicol-quitosano, también presentan actividad antifúngica contra distintos patógenos de poscosecha.

Aditivos alimentarios y sustancias GRAS

Los aditivos alimentarios y las sustancias catalogadas como 'generally recognized as safe' (GRAS) por la 'United States Federal Drug Administration' (US FDA) de EE UU son compuestos permitidos sin restricciones por las distintas legislaciones para muchas y variadas aplicaciones en el campo agroalimentario. El principal interés para su uso en fruta fresca radica en que no conllevan problemas de residuos. En general, los aditivos alimentarios con actividad antimicrobiana directa forman el grupo de los conservantes o preservativos. Suelen ser ácidos y sales orgánicas o inorgánicas que pueden sintetizarse fácilmente y cuya acción contra

los microorganismos es bastante específica. Entre más de 40 aditivos (acetatos, sorbatos, benzoatos, propionatos, formatos, cloruros, fosfatos, etc.) que se ensayaron en el Centre UdL-IRTA de Lleida como soluciones acuosas para el control in vivo de *P. digitatum* en cítricos, los mejores resultados se obtuvieron con el sorbato potásico y el benzoato sódico. Contra la podredumbre verde también se han ensayado con resultados variables fumigaciones de frutos cítricos con ácidos orgánicos como el fórmico, acético o propiónico y aplicaciones con compuestos análogos de azúcares como la 2-deoxi-D-glucosa. Existen otros aditivos no incluidos en el grupo de los conservantes que también presentan cierta capacidad directa o indirecta de inhibir el desarrollo de algunos microorganismos. Este es el caso de algunas sustancias clasificadas como agentes depresores de la actividad de agua y de algunos correctores de pH como los carbonatos y bicarbonatos. Baños de 2-3 min en soluciones acuosas calientes (40-50°C) de carbonato o bicarbonato sódicos a concentraciones del 2-3% resultaron efectivos contra *P. digitatum* y *P. italicum* y en la coyuntura actual han tomado cierto interés comercial por su efectividad, fácil disponibilidad, aplicación y bajo precio. No obstante, no ejercen acción preventiva y su eficacia y persistencia no igualan a la de los fungicidas convencionales por lo cual actualmente se están ensayando en combinación con otros sistemas de control. En el Centre de Tecnologia Postcollita del IVIA estamos a día de hoy evaluando en ensayos preliminares la capacidad de control de las podredumbres verde y azul de nuevos aditivos alimentarios que no habían sido probados con este propósito.

Fungicidas de bajo riesgo

La "United States Environmental Protection Agency" (US EPA) ha establecido recientemente una nueva categoría de fungicidas de síntesis, conocida como fungicidas de bajo riesgo ('reduced risk

■ El ácido jasmónico y el metil jasmonato, conocidos conjuntamente como jasmonatos, son reguladores naturales del crecimiento con capacidad inhibidora de la podredumbre verde de los cítricos



fungicidas'), en la que se integran nuevas materias activas que, en comparación con los fungicidas tradicionales, son de toxicidad más baja para el hombre y los organismos que no se pretende controlar y contaminan menos el medio ambiente. En esta categoría se incluyen tres materias activas que podrían ser de aplicación en poscosecha de cítricos: fludioxonil (Scholar®, Syngenta), azoxistrobin (Abound®, Syngenta) y pirimetanil (PH066, Janssen).

Otros productos químicos

Otros compuestos que se han evaluado para el control de podredumbres en poscosecha de cítricos incluyen el bórax (tetraborato sódico decahidratado), el ácido bórico, el poliboro (octaborato disódico), el etanol, el dióxido de azufre, el polisulfuro de calcio y el peróxido de hidrógeno. Ninguno de estos tratamientos se está utilizando comercialmente debido

o a su falta de efectividad o a problemas derivados de su aplicación.

Sistemas Biológicos

En un sentido estricto, el término Control Biológico de enfermedades vegetales se restringe a la utilización controlada de microorganismos que antagonizan con los microorganismos patógenos. No se incluye, por tanto, el uso de sustancias naturales derivadas de plantas o animales ni la obtención de cultivares del huésped resistentes a las enfermedades.

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 relación biológica entre los antagonistas y los patógenos suele ser bastante específica. Puesto que se trata de una interacción entre organismos vivos, este tipo de control presenta una serie de ventajas importantes respecto a los sistemas físicos y químicos.

Básicamente, los factores que determinan las posibilidades de utilización de un antagonista contra patógenos de poscosecha de cítricos son su supervivencia y su efectividad en condiciones ambientales y de frigoconservación. También es muy importante su capacidad de colonizar las heridas de la piel, que son los puntos de inicio de las infecciones. Además,

El Control Biológico puede definirse como la manipulación directa o indirecta por parte del hombre de los agentes vivos que de forma natural presentan capacidad de control de los agentes patógenos

Riego por goteo
Desalinización OSMAQUA
Control de clima CLIMATEC
Calefacción
Pantallas
Mesas de cultivo
XILEMA
Ventilación
HUMIFITO

- Invernaderos y equipación tecnológica
- Riego por goteo
- Fertirrigación XILEMA
- Desalación OSMAQUA
- HUMIFITO
- Embalses

NOVEDADES AGRICOLAS

www.novedades-agricolas.com **Tel. 902 400 313**

agricultura inteligente



el hecho de que la fruta tratada se almacene en condiciones controladas de temperatura y humedad facilita la utilización de agentes de biocontrol, pues éstos no se encuentran sometidos a variaciones ambientales. Aunque a nivel experimental se han encontrado y patentado en laboratorios de todo el mundo numerosas levaduras, bacterias y también hongos filamentosos con capacidad antagónica contra las podredumbres verde y azul de los cítricos, únicamente son tres los microorganismos que se han comercializado hasta el momento: las levaduras *Candida oleophila* (Aspire[®], EE UU, Israel) y *Cryptococcus albidus* (Yield Plus[®], Sudáfrica) y la bacteria *Pseudomonas syringae* (BioSave[®], EE UU). En España destacan los buenos resultados obtenidos con la bacteria *Pantoea agglomerans* CPA-2, descubierta y patentada por el Centro UdL-IRTA de Lleida. Esta falta de antagonistas comercializados se debe a que son pocos los países que, como EE UU, disponen de normativas específicas y simplificadas para el registro de este tipo de productos biológicos. En otros, incluyendo España y el resto de países de la Unión Europea, el registro se ve obstaculizado por la exigencia de estudios toxicológicos largos y costosos equiparables absurdamente a los exigidos para cualquier pesticida de síntesis.

Normalmente, los antagonistas se aplican sobre los frutos cítricos en baño o dréncher como suspensiones acuosas de distintas concentraciones y su modo de acción puede ser la competencia por el espacio y/o los nutrientes, la secreción de antibióticos, la interacción directa con las estructuras del patógeno o la inducción de resistencias en los tejidos del fruto. Un caso atípico son las biofumigaciones de cítricos almacenados con el hongo antagonista *Muscardor albus*. Se ha comprobado que al colocar grano de cereal colonizado con el hongo en las cámaras de desverdización, los volátiles emitidos ejercen un control satisfactorio de la podredumbre verde.



Los principales inconvenientes asociados a la utilización de microorganismos antagónicos para el control de enfermedades de poscosecha son la falta de actividad curativa, la alta variabilidad en los resultados obtenidos y la dificultad para desarrollar formulaciones que permitan una comercialización adecuada. Actualmente se investiga intensamente en métodos que permitan paliar estas deficiencias, como pueden ser la manipulación genética de los antagonistas, su producción en medios enriquecidos, o el uso de mezclas de distintos antagonistas. Por otro lado, el hecho de que en general los agentes de biocontrol tienen buena actividad preventiva, hace que presenten un gran potencial como tratamientos complementarios a otros tratamientos alternativos físicos o químicos.

Obtención de cultivares resistentes

La obtención de genotipos resistentes a las enfermedades de poscosecha quizás sea, entre las posibles alternativas a los fungi-

cidas sintéticos, la mejor opción puesto que haría innecesario cualquier tipo de tratamiento sobre la fruta producida. Aunque en principio también es la opción más a largo plazo, con las técnicas modernas de ingeniería genética los períodos de tiempo necesarios podrían verse considerablemente reducidos respecto a los necesarios con la selección genética tradicional. En este caso, no obstante, deberían considerarse las posibles repercusiones que podría tener sobre los mercados y la opinión pública el hecho de manejar fruta genéticamente modificada, especialmente si se tiene en cuenta que la fruta es un alimento de consumo directo.

Integración de sistemas alternativos

Desgraciadamente, con los diferentes sistemas alternativos ensayados hasta la fecha, ya sean físicos, químicos o biológicos, difícilmente se cubre el espectro de acción ni se alcanzan los niveles de efectividad y persistencia que proporcionan los fungicidas sintéticos convencionales. Por ello, actualmente se dedican esfuerzos importantes en evaluar la integración de dos o más sistemas compatibles o complementarios entre sí. En general se buscan dos tipos de efectos: un efecto aditivo o sinérgico de forma que el tratamiento combinado sea más eficaz y/o persistente que los tratamientos individuales, y 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). Además, la integración puede posibilitar la implementación comercial de tratamientos que por sí solos resultan poco coste-efectivos o comportan riesgos excesivos de producción de fitotoxicidades.

Distintos sistemas físicos

Se ha observado que tanto el control de podredumbres como la calidad del fruto mejoran sus-

Sistema para el control de *Penicillium*.



tancialmente cuando el curado o el agua caliente (tanto inmersión como HWB) se combina con el recubrimiento plástico de los frutos cítricos antes de su conservación frigorífica. No obstante, las envolturas plásticas resultan poco prácticas y excesivamente caras. Estudios recientes con mandarinas tempranas indican la posibilidad de integrar satisfactoriamente el procedimiento de curado para el control de *Penicillium* en el proceso de desverdización. Un tratamiento con agua caliente previo a la radiación ionizante de frutos cítricos permite reducir las dosis de irradiación hasta niveles no fitotóxicos. Actualmente estamos investigando en el IVIA si la aplicación de choques gaseosos de CO₂ o O₂ a temperaturas de curado permite la disminución del tiempo necesario en el curado tradicional para el control efectivo de las podredumbres verde y azul.

Varios procesos de la investigación en los laboratorios de IVIA.

■ **La obtención de genotipos resistentes a las enfermedades de poscosecha quizás sea, entre las posibles alternativas a los fungicidas sintéticos, la mejor opción puesto que haría innecesario cualquier tipo de tratamiento sobre la fruta producida**

soluciones agro sostenibles para la agricultura



Correctores de suelos y acondicionadores de suelo/agua

Quelatos correctores de carencias

Fertilizantes foliares

Aminoácidos - Bioestimulantes

Coadyuvantes

Preventivos



coda
cuidamos de ti

greencare by



Sustainable Agro Solutions S.A.
Ctra. N-240 km 110 - 25100 Almacelles - Lleida
t: 973 74 04 00 f: 973 74 14 89
info@greencareby-sas.com
www.greencareby-sas.com



Sistemas físicos y químicos

El calentamiento de soluciones acuosas de compuestos antifúngicos (tanto de fungicidas convencionales como de productos químicos alternativos como aditivos alimentarios o algunas sustancias naturales) aumenta su efectividad en comparación con las soluciones a temperatura ambiental y permite disminuir las dosis de aplicación.

La temperatura más adecuada debe ser determinada para cada caso concreto en función del tipo de fruto a tratar y de la tecnología del tratamiento. En general, los tratamientos por inmersión o baño son más efectivos que las duchas o drénchers, y éstos más que las aplicaciones de fungicidas mezclados con ceras. La integración del calor con aditivos alimentarios para el control de *Penicillium* en cítricos es actualmente una línea de investigación activa en el IVIA.

La reducción de dosis de los fungicidas convencionales por medio de su aplicación mezclados con nuevos recubrimientos cerosos en las líneas de confección es también una posibilidad a tener en cuenta para los cítricos de Producción Integrada. Por otro lado, se ha observado que baños en soluciones de carbonato sódico o etanol aumentan la efectividad de los tratamientos de curado de frutos cítricos contra las podredumbres verde y azul. De forma análoga al calor, la combinación de tratamientos fungicidas a bajas dosis con la aplicación de rayos γ o electrones acelerados permite reducir las dosis de irradiación de cítricos hasta niveles no fitotóxicos.

En ensayos recientes en el IVIA se ha combinado la aplicación de carbonato sódico con la de rayos X a dosis no fitotóxicas para evaluar posibles efectos sinérgicos en el control de las podredumbres verde y azul.

Sistemas físicos y Control Biológico

La aplicación de microorganismos antagonistas puede combi-



narse satisfactoriamente con tratamientos de curado para el control de *P. digitatum* y *P. italicum*. En estudios realizados en Lleida y California, cuando el antagonista *P. agglomerans* CPA-2 se aplicó en limones con anterioridad a un tratamiento de curado de 65 h a 33°C, se obtuvo un control total de la podredumbre verde. Este tipo de integración puede permitir la reducción de las temperaturas y

Líneas de confección para la reducción de fungicidas.

■ **La temperatura más adecuada debe ser determinada para cada caso concreto en función del tipo de fruto a tratar y de la tecnología del tratamiento**

del tiempo de exposición al calor necesarios para un control efectivo de las podredumbres, consiguiéndose que, como consecuencia de una disminución de costes y de riesgos, el tratamiento de curado sea más fácilmente asumible por la industria.

Otros tratamientos físicos que se han integrado con éxito a nivel experimental con la aplicación de distintos antagonistas para el control de las podredumbres verde y azul son la luz UV-C, la inmersión en agua caliente, el HWB y el recubrimiento individual de los frutos. Este recubrimiento puede ser posterior a la aplicación del agente de biocontrol o puede ser utilizado como elemento portador del mismo.

Sistemas químicos y Control Biológico

La literatura científica aporta multitud de referencias de la evaluación de tratamientos combinados de agentes microbianos de control con productos químicos de distinta naturaleza. Algunos de los compuestos con los que se han obtenido los mejores resultados para el control de *Penicillium* en cítricos son los siguientes: carbonatos sódicos, cloruro cálcico, quitosano y derivados, poli-D-lisina y poli-D-arginina, 2-deoxi-D-glucosa o lisozima.

En investigaciones llevadas a cabo en el IATA de Valencia se está combinando satisfactoriamente la aplicación de levaduras antagonistas con la de hexapéptidos antifúngicos. En trabajos realizados en el Centre UdL-IRTA de Lleida, la bacteria antagonista *P. agglomerans* CPA-2 resultó compatible con la aplicación de bicarbonato sódico pero no con la de carbonato sódico. La incidencia de la podredumbre verde en naranjas resultó significativamente inferior después de tratamientos sucesivos con bicarbonato sódico y con el antagonista que después de cada uno de estos tratamientos por separado.



Bibliografía

- Barkai-Golan, R. 2001. Postharvest diseases of fruits and vegetables. Development and control. Elsevier Science B.V., Amsterdam, Holanda.
- Ben-Yehoshua, S. 2005 (Ed.). Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL, EE UU.
- Brunetti, O. 2005. Tratamientos en agua caliente: presente y futuro en España. Levante Agrícola 377: 316-323.
- CAPA (Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació de la Generalitat Valenciana). 2001. Normas para la Producción Integrada de cítricos en el ámbito de la Comunidad Valenciana. DOGV N° 3909: 169-202.
- CAPA (Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació de la Generalitat Valenciana). 2004. Modificación de las normas para la Producción Integrada de cítricos en el ámbito de la Comunidad Valenciana. DOGV N° 4815: 20647-20650.
- El Ghaouth, A., Wilson, C.L., Wisniewski, M., Droby, S., Smilanick, J.L., Korsten, L. 2002. Biological control of postharvest diseases of citrus fruits. En: Biological Control of Crop Diseases. Gnanamanickam, S.S. (Ed.). M. Dekker, New York, EE UU. pp. 289-312.
- González-Candelas, L., Veyrat, A., López-García, B., Marcos, J.F. 2001. Aplicación de agentes de biocontrol y péptidos antifúngicos como alternativas para el control de las podredumbres de la post-recolección de frutos cítricos. Levante Agrícola 355: 145-152.
- Montesinos-Herrero, C., Palou, L., Pastor, C., del Río, M.A. 2006. Evaluación preliminar de aditivos alimentarios para el control de las podredumbres verde y azul en postcosecha de naranjas. Actas VIII Simposio Nacional y V Ibérico de Maduración y Post-recolección. Innovaciones fisiológicas y tecnológicas de la maduración y post-recolección de frutas y hortalizas. Orihuela, Alicante. pp. 409-412.
- Narayanasamy, P. 2006. Postharvest pathogens and disease management. John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, NJ, EE UU.
- Palou, L. 2005. Métodos de control físicos ensayados en postcosecha contra las podredumbres verde y azul de los cítricos. Levante Agrícola 377: 341-350.
- Palou, L., Plaza, P. 2005. Tratamientos con calor para el control de enfermedades de postcosecha de cítricos. Todo Citrus 31: 21-36.
- Palou, L., Smilanick, J.L., Crisosto, C.H. 2004. Conservación frigorífica de cítricos en atmósferas ozonizadas: efecto sobre las enfermedades de poscosecha. Levante Agrícola 372: 321-328.
- Palou, L., Usall, J., Aguilar, M. J., Pons, J., Viñas, I. 1999. Control de la podredumbre verde de los cítricos mediante baños con agua caliente y carbonatos sódicos. Levante Agrícola 348: 412-421.
- Plaza, P., Salazar, M., Usall, J. 2004. Optimización de la calidad de los cítricos en postcosecha y su viabilidad económica. Levante Agrícola 372: 357-366.
- Tuset, J.J. 1987. Podredumbres de los frutos cítricos. Conselleria d'Agricultura i Pesca. Generalitat Valenciana, València.
- Tuset, J.J., Hinarejos, C., Mira, J.L. 2000. Eficacia de los tratamientos postcosecha tolerados en Producción Integrada en el control de *Penicillium digitatum* y *Botrytis cinerea*. Levante Agrícola 352: 210-214.
- Usall, J., Plaza, P., Palou, L., Torres, R., Teixidó, N., Abadías, M., Viñas, I., Smilanick, J. L. 2003. Control de las principales enfermedades de postcosecha de cítricos mediante métodos físicos, químicos y biológicos. Phytoma-España 154: 22-27.
- Viñas, I. 1997. Control Biológico de las principales enfermedades fúngicas post-cosecha. Phytoma-España 90: 78-81.

Flora gard®

¡DAR LO MEJOR!



Raíces perfectamente sanas

- Máximas exigencias de calidad a la hora de seleccionar y mezclar turbas, aditivos y abonos
- Óptima adaptación a cada tipo de cultivo – inmejorables condiciones de crecimiento y garantía de un sano desarrollo de las raíces

Sustratos profesionales del profesional de los sustratos

FLORAGARD Vertriebs GmbH für Gartenbau
D-26138 Oldenburg · Tel +49 (0)441/2092-167
Fax +49 (0)441/2092-103

Sr. Juan Galindo · E-41003 Sevilla · Tfno. +34 618 742 329
Sr. Georg Heinz · E-18620 Granada · Tfno. +34 609 267 210
Sr. Raúl Montoro · E-46182 Valencia · Tfno. +34 619 761 598
Sr. Nuno Maia · E-49004 Zamora · Tfno. +34 699 995 208
www.floragard.eu · e-mail: info@floragard.de