

Investigación aplicada en patología de poscosecha de fruta fresca en el Centre de Tecnologia Postcollita (CTP) del Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA)

Lluís Palou

Laboratori de Patologia, Centre de Tecnologia Postcollita (CTP). Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA), Montcada, València
e-mail: palou_llu@gva.es

1. Importancia de la fruta fresca en la Comunitat Valenciana

España es uno de los principales productores mundiales de frutas y hortalizas. Ocupa la sexta posición en la producción mundial de **frutos cítricos**, con unos 6,5 millones tn en 2015 y, a pesar de la actual crisis de precios ocasionada por las estrategias comerciales de las grandes cadenas de distribución europeas, que ha conllevado una disminución de la superficie plantada, sigue siendo el primer exportador mundial de cítricos para el consumo en fresco, con unos 4,2 millones tn en 2015 (aproximadamente el 25% de las exportaciones mundiales). En 2016, más del 75% del total de la producción española de mandarinas y del 50% de la de naranjas procedían de la Comunitat Valenciana, con un valor de más de 2000 millones €. Esta es la primera comunidad autónoma española en cuanto a valor total de fruta exportada, pues supone el 37% del total español, por delante de Andalucía (26%) (GVA, 2016; MAPAMA, 2016).

La Comunitat Valenciana también es donde se concentra la producción española de **cultivos frutales mediterráneos minoritarios** que, como el caqui, la granada o el níspero, están cobrando gran importancia económica en los últimos años y que se prevé que continúen en expansión. El cultivo de estas especies supone actualmente una alternativa muy interesante al cultivo de cítricos puesto que ofrecen un mayor margen económico para los productores. Las características y la calidad de los cultivares autóctonos son muy apreciadas por los mercados europeos, por lo que se unen una oferta limitada de un producto fresco excepcional a una demanda creciente. La importancia del cultivo del **caqui** en España ha aumentado considerablemente en los últimos años debido principalmente al incremento espectacular de la producción del cultivar autóctono 'Rojo Brillante' en la zona de la Ribera del Xúquer (Valencia), que cuenta con una Denominación de Origen Protegida (DOP) propia. De las 6.750 tn de caqui producidas en la provincia de Valencia en 1997 se ha pasado a las 350.000 tn producidas en 2016, de las cuales se exporta, sobre todo a los países de la UE, más del 80% (GVA, 2016). La principal clave del éxito comercial de esta variedad se encuentra, aparte de en factores agronómicos como su gran productividad y en la calidad intrínseca del fruto, en la adopción en poscosecha de técnicas de reducción de astringencia (atmósferas enriquecidas en CO₂) que permiten obtener un fruto no astringente pero firme y crujiente a la vez que está teniendo gran aceptación por el consumidor europeo. España es el principal exportador europeo de **granadas** y aproximadamente el 80% de la superficie cultivada y de la producción españolas se concentran en la Comunitat Valenciana, concretamente en la provincia de Alicante, donde se superaron en 2016 las 40.000 tn en unas 3.000 ha, mientras que en 1985 estos valores eran de 8.000 tn en 1.500 ha (GVA, 2016). La principal variedad cultivada en la zona es la autóctona 'Mollar de Elche', que desde 2016 cuenta con una DOP propia y que a pesar de su falta de color rojo en la piel ha conseguido fidelizar un mercado destacado en la UE gracias a sus apreciadas características organolépticas. No obstante, en estos momentos se está dando una expansión importante del cultivo de granada hacia las provincias de Valencia y Castellón, donde se están introduciendo nuevas variedades foráneas de piel y arilos de un color rojo intenso como 'Wonderful', 'Acco' o 'Smith'. Se estima que este incremento

continuará en los próximos años debido al previsible aumento de la demanda mundial de alimentos que, como la granada, se consideran no sólo saludables sino también fuente de componentes bioactivos y funcionales. Más del 50% del **níspero** que se comercializa en España se produce en la Comunitat Valenciana, concretamente en la provincia de Alicante, donde en 2016 se superaron las 13.000 tn en unas 900 ha (GVA, 2016). La producción es especialmente importante en la zona de Callosa d'en Sarrià, que cuenta con DOP propia.

La provincia de Alicante, y especialmente la comarca del Vinalopó, es una de las zonas productoras de **uva de mesa** más importantes de España y de Europa. En 2016, en unas 5.500 ha se produjeron unas 73.000 tn, que suponen el 99% de la producción de la Comunitat Valenciana y el 35% del total español (GVA, 2016). La comarca cuenta con la DOP Uva de Mesa Embolsada del Vinalopó y produce cultivares como la 'Italia' o la 'Aledo', que es la variedad consumida por excelencia en España durante las fiestas navideñas. Aunque de poco peso relativo en el contexto global español, la producción de **fruta de hueso** es muy importante en algunas comarcas de la Comunitat Valenciana, sobre todo de las provincias de Valencia y Alicante. En 2016, la producción de melocotón y nectarina fue de unas 27.200 tn, mientras que la de albaricoque, ciruela y cereza alcanzó las 12.700, 7.800 y 6.000 tn, respectivamente (GVA, 2016). La importancia del sector se basa principalmente en la producción de cultivares tempranos que inician la campaña de exportación a países de la UE y obtienen excelentes precios de venta.

2. Patología de poscosecha

2.1. Pérdidas en poscosecha

Informes recientes de la FAO indican que el desperdicio de alimentos ('food waste') actual es uno de los mayores problemas de la humanidad. Se estima que cada año se pierde un tercio del total de alimentos producidos en el mundo para el consumo humano (unos 1.300 millones tn), de los cuales la proporción más elevada (45%) corresponde a frutas y hortalizas. Además, estas pérdidas suponen un fuerte impacto en el medioambiente y en el cambio climático por la huella de carbono y el uso desperdiciado de tierra cultivable y agua. La patología de poscosecha es la ciencia que estudia todo lo relacionado con las enfermedades de poscosecha de los productos hortofrutícolas para el consumo en fresco, es decir, aquellas que los afectan desde que son recolectados hasta que llegan al consumidor. La tendencia actual es restringir el nombre de enfermedades a las que son de origen parasitario, producidas por un organismo vivo, y designar como alteraciones o desórdenes a los problemas de origen abiótico o fisiológico. En el caso de la fruta fresca, la gran mayoría de los agentes patógenos causantes de enfermedades son hongos filamentosos y la sintomatología que producen en los frutos son las podredumbres, término que se utiliza para asignar el nombre común a las propias enfermedades. Las pérdidas económicas ocasionadas por las podredumbres son muy variables y dependen de muchos factores, tanto de precosecha (climáticos y agronómicos) como de cosecha (forma y momento) y poscosecha (manejo de los frutos, condiciones de almacenamiento y mercado de destino). En los países desarrollados, las podredumbres no suponen únicamente la pérdida del valor económico del producto afectado, sino también la del valor de los insumos consumidos para su producción, recolección, manejo en poscosecha (que incluye la utilización de tecnologías frigoríficas, de alto coste energético) y puesta en el mercado. Además, también deben considerarse las pérdidas adicionales que pueden producirse por posibles reclamaciones o devoluciones de los mercados de destino. Finalmente, hay que tener en cuenta que algunos de los hongos patógenos causantes de enfermedades de poscosecha en ciertas condiciones son capaces de producir micotoxinas en el fruto huésped, lo que conlleva riesgos de crisis alimentarias graves.

2.2. Principales patógenos fúngicos

En nuestras condiciones ambientales mediterráneas, con veranos poco lluviosos, aunque son bastantes los patógenos fúngicos, tanto de herida como latentes, que causan distintas enfermedades de poscosecha en los frutos de mayor interés en la Comunitat Valenciana descritos en el Apartado 1, las más frecuentes e importantes económicamente son las siguientes: las podredumbres verde y azul de los cítricos, causadas por *Penicillium digitatum* y *Penicillium italicum* respectivamente; la mancha negra del caqui y del níspero, causada por *Alternaria alternata*; la podredumbre gris y la podredumbre verde/azul de la granada ‘Mollar de Elche’ y del níspero, causadas por *Botrytis cinerea* y por *Penicillium* spp. respectivamente; el corazón negro de las variedades rojas de granada causado por *A. alternata*; la podredumbre marrón de la fruta de hueso, causada por distintas especies del género *Monilinia*, concretamente *M. fructicola*, *M. laxa* y *M. fructigena*; y la podredumbre gris de la uva de mesa, causada por *B. cinerea*.

2.3. Control de enfermedades de poscosecha

De forma general, el control de las podredumbres de cítricos y fruta de hueso se realiza mediante tratamientos en poscosecha con fungicidas químicos de síntesis como el imazalil, tiabendazol, pirimetanil, fludioxonil, etc. Se trata de tratamientos sencillos, muy eficaces y relativamente económicos. No obstante, la aplicación masiva y continuada de estos productos ha producido preocupación en la opinión pública por la generación de un exceso de residuos químicos y también problemas al sector como el tratamiento de caldos residuales o la proliferación de cepas patogénicas resistentes que reduce o anula la eficacia de los tratamientos. Por tanto, el sector debe asumir las exigencias de una legislación y de unos mercados de exportación cada vez más restrictivos en lo referente a la utilización de estos fungicidas convencionales. De hecho, algunos clientes, sobretodo cadenas de alimentación alemanas o británicas, están limitando el número de materias activas que pueden estar presentes en la fruta y exigiendo a sus proveedores españoles fruta con límites máximos de residuos (LMR) inferiores a los establecidos por la legislación comunitaria. Además, cada día cobran mayor importancia los mercados de productos ecológicos, en los cuales los consumidores están dispuestos a pagar un precio superior a cambio de obtener fruta libre de residuos químicos. En el caso del caqui, la granada y el níspero no existen actualmente en España productos fungicidas registrados para su utilización en poscosecha. En el caso de la uva de mesa, el control de podredumbres se basa en tecnologías de generación de dióxido de azufre (SO₂). Ante esta situación general, la búsqueda e implementación de sistemas no contaminantes de control de podredumbres, alternativos a los fungicidas convencionales, se ha convertido en una prioridad para el sector de la fruta fresca tanto español como mundial.

2.4. CINCEP

El control efectivo de las podredumbres sin la utilización de fungicidas químicos en poscosecha requiere una estrategia de lucha integrada basada en el conocimiento de la epidemiología de los patógenos y de los factores que determinan su incidencia en precosecha, cosecha y poscosecha para incidir de forma global sobre el problema actuando sobre cada uno de estos factores en el momento adecuado para minimizar las pérdidas económicas. Este concepto global, que podemos denominar “Control integrado no contaminante de enfermedades de poscosecha” (CINCEP), requiere dedicar esfuerzos a múltiples frentes de investigación y su parte fundamental es la implementación de tratamientos antifúngicos de poscosecha alternativos a los fungicidas químicos convencionales. Según su naturaleza, estos tratamientos pueden ser físicos, químicos o biológicos y según su mecanismo de acción pueden ser curativos (control de infecciones fúngicas existentes) o preventivos (inducción en el fruto de mecanismos de resistencia a la infección). Siendo poco tóxicos, su actividad es más

fungistática que fungicida y en consecuencia su efectividad y persistencia son en general limitadas. Por tanto, a nivel de investigación es importante tanto la evaluación de tratamientos alternativos nuevos como su combinación para obtener efectos sinérgicos o aditivos entre ellos. Debido precisamente a esta limitada eficacia, en CINCEP debe prestarse mayor atención a otros factores de precosecha (cultivar, condiciones climatológicas y de parcela, manejo en campo, ...), cosecha (momento y modo) y poscosecha (higienización de centrales, diseño y manejo en las líneas de confección, condiciones de conservación y comercialización, ...) que son determinantes de factores clave en el triángulo de la enfermedad como pueden ser la cantidad y calidad y diseminación del inóculo fúngico, las vías de infección, la resistencia de los frutos a la infección y las condiciones de colonización o desarrollo de la infección.

3. Patología de poscosecha en el IVIA

Precisamente el establecimiento de estrategias de CINCEP como medio para potenciar una fruticultura valenciana de calidad, segura y respetuosa con el medio ambiente, y también para potenciar la agricultura ecológica, es la base de la actividad de investigación aplicada del Laboratori de Patologia del Centre de Tecnologia Postcollita (CTP) del IVIA (**Foto 1**). La actividad de este laboratorio se inició en 2003 con mi incorporación al Instituto con un contrato del Programa Ramón y Cajal del entonces Ministerio de Ciencia y Tecnología, avalado por el investigador del CTP desgraciada y prematuramente fallecido Dr. Miguel Ángel del Río (**Foto 2**). No obstante, ya desde muchos años atrás, la patología de poscosecha figuraba entre las líneas de trabajo de la Unitat de Micologia del Centre de Protecció Vegetal i Biotecnologia (CPVB) del IVIA liderada por el Dr. Juan José Tuset hasta su jubilación en 2011. De hecho, el Dr. Tuset publicó en 1987 la que es la única monografía en castellano sobre las enfermedades de poscosecha de los frutos cítricos (Tuset, 1987; **Foto 3**), obra excelente y de gran interés que conjunta un elevado rigor científico con una capacidad divulgadora admirable y muchos de cuyos contenidos continúan perfectamente vigentes en la actualidad.

Actualmente, los objetivos del plan de investigación aplicada que se plantean en el Laboratori de Patologia del CTP, de aplicación para los distintos tipos de fruta fresca de interés económico en la Comunitat Valenciana descritos anteriormente, son los siguientes:

- 1) Determinar la etiología y la incidencia de las enfermedades de poscosecha causantes de pérdidas económicas importantes al sector valenciano de la fruta fresca.
- 2) Establecer estrategias de control integrado no contaminante de enfermedades de poscosecha (CINCEP). Potenciar el cultivo de residuo cero y la agricultura ecológica.
- 3) Asesorar al sector en la correcta identificación de enfermedades de poscosecha y en la adopción de los métodos de control más adecuados en cada caso.
- 4) Mantener y actualizar la colección de cepas de microorganismos patógenos causantes de enfermedades de poscosecha autóctonos de la Comunitat Valenciana.

En los últimos años se han identificado y caracterizado las principales enfermedades de poscosecha del caqui (Palou et al., 2015a; Palou y Taberner, 2017; **Foto 4**), granada (Palou et al., 2010, 2013), níspero (Palou et al., 2016b) y dátil (Palou et al., 2016a) en nuestras condiciones ambientales y, dentro de las estrategias de CINCEP, se ha trabajado principalmente en la evaluación de tratamientos físicos (calor, irradiaciones, atmósferas controladas o modificadas, ...), químicos de bajo riesgo (aditivos alimentarios y sustancias GRAS, compuestos naturales como aceites esenciales o extractos de plantas, sustancias inductoras de resistencia, recubrimientos comestibles antifúngicos, ...) y biológicos (microorganismos antagónicos) como alternativas a los fungicidas químicos convencionales

para el control de podredumbres de cítricos y otros frutos de interés (Palou, 2011; Moscoso-Ramírez, 2013; Ibiza, 2015; Montesinos-Herrero, 2015; **Foto 5**). En este sentido, resulta de especial interés la línea de trabajo novedosa a nivel mundial que se ha establecido en colaboración con el grupo de recubrimientos comestibles del CTP del IVIA liderado por la Dra. M^a Bernardita Pérez Gago y que se basa en el desarrollo y caracterización de recubrimientos comestibles formulados con ingredientes antifúngicos (Valencia-Chamorro, 2009; Valencia-Chamorro et al., 2013; Karaca et al., 2014; Palou et al., 2015b). También se trabaja con otros grupos de investigación del propio IVIA, especialmente la Unitat de Micologia del CPVB liderada por el Dr. Antonio Vicent, y otros organismos nacionales y extranjeros con los que se han desarrollado importantes colaboraciones en algunas líneas de investigación. Además, un acuerdo entre el IVIA y distintas universidades valencianas permite a estudiantes de distintos programas de tercer ciclo realizar su tesis doctoral en el grupo. A día de hoy, el grupo de trabajo en el Laboratori de Patologia del CTP del IVIA lo componen, aparte de quien suscribe estas líneas, las tituladas superiores Verònica Taberner, Diana Villamón y Beatriz de la Fuente. Por otra parte, periódicamente se acogen también estancias de estudiantes extranjeros interesados en las actividades del grupo. Por ejemplo, recientemente nos ha visitado por un período de cuatro meses Elizabeth Klotz, estudiante de doctorado del Departamento de Ciencias Agrarias de la Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco, Paraná, Brasil (**Foto 6**).

4. Agradecimientos

En memoria del Dr. Miguel Ángel del Río, investigador del CTP del IVIA, por su ayuda y apoyo incondicionales y sobre todo por su amistad.

5. Referencias

- GVA. 2016. Estadísticas agrícolas, superficies y producciones.
<http://www.agroambient.gva.es/documents/162218839/163253055/Resumen+syp+2016.pdf/9d8ac690-4c68-4794-bc9d-f0e1c8fef1dd>
- Ibiza, S. 2015. Desarrollo de Prototipos para el Tratamiento Postcosecha de Cítricos con Radiación UV-C y Agua Caliente para el Control de la Podredumbre Verde Causada por *Penicillium digitatum*. Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria, Universitat Politècnica de València, Valencia. 185 pp.
- Karaca, H., Pérez-Gago, M.B., Taberner, V., Palou, L. 2014. Evaluating food additives as antifungal agents against *Monilinia fructicola* in vitro and in hydroxypropyl methylcellulose-lipid composite edible coatings for plums. *International Journal of Food Microbiology* 179, 72-79.
- MAPAMA. 2016. Estadísticas agrarias, superficies y producciones anuales de cultivo.
<http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos>
- Montesinos-Herrero, C. 2015. Evaluation of Alternatives to Synthetic Fungicides to Control Citrus Postharvest Diseases. Tesis Doctoral, Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, Universitat Politècnica de València, Valencia. 235 pp.
- Moscoso-Ramírez, P.A. 2013. Aproximaciones a una Estrategia Integrada para el Control de las Podredumbres Verde y Azul en Poscosecha de Cítricos. Tesis Doctoral, Departamento de Tecnología de Alimentos, Universitat Politècnica de València, Valencia. 262 pp.
- Palou, L. 2011. Control integrado no contaminante de enfermedades de poscosecha (CINCEP): nuevo paradigma para el sector español de los cítricos. *Levante Agrícola* 406, 173-183.

- Palou, L., Guardado, A., del Río, M.A., Montesinos-Herrero, C. 2010. Etiología e incidencia de las enfermedades de poscosecha de la granada en la zona de Elche. *Agrícola Vergel* 336, 116-121.
- Palou, L., Montesinos-Herrero, C., Tarazona, I., Besada, C., Taberner, V. 2015a. Incidence and etiology of postharvest fungal diseases of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb. cv. Rojo Brillante) in Spain. *Plant Disease* 99, 1416-1425.
- Palou, L., Rosales, R., Taberner, V., Vilella-Esplá, J. 2016a. Incidence and etiology of postharvest diseases of fresh fruit of palm (*Phoenix dactylifera* L.) in the grove of Elx (Spain). *Phytopathologia Mediterranea* 55, 391-400.
- Palou, L., Sánchez-Torres, P., Montesinos-Herrero, C., Taberner, V. 2016b. Incidence and etiology of postharvest fungal diseases of loquat fruit (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. cv. 'Algerie') in Alacant province (Spain). *European Journal of Plant Pathology* 146, 847-860.
- Palou, L., Taberner, V. 2017. Determinación de las enfermedades de poscosecha del caqui 'Rojo brillante'. *Levante Agrícola* 437: 178-185.
- Palou, L., Taberner, V., Guardado, A., del Río, M.A., Montesinos-Herrero, C. 2013. Incidence and etiology of postharvest fungal diseases of pomegranate (*Punica granatum* cv. Mollar de Elche) in Spain. *Phytopathologia Mediterranea* 52, 478-489.
- Palou, L., Valencia-Chamorro, S.A., Pérez-Gago, M.B. 2015b. Antifungal edible coatings for fresh citrus fruit: a review. *Coatings* 5, 962-986.
- Tuset, J.J. 1987. Podredumbres de los Frutos Cítricos. Conselleria d'Agricultura i Pesca. Generalitat Valenciana, Valencia. 206 pp.
- Valencia-Chamorro, S.A. 2009. Development of Edible Composite Coatings with Antifungal Activity on Citrus Fruit. Tesis Doctoral, Departamento de Tecnología de Alimentos, Universitat Politècnica de València, Valencia. 263 pp.
- Valencia-Chamorro, S.A., Palou, L., del Río, M.A., Pérez-Gago, M.B. 2011. Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 51, 872-900.