

Laboratorio de patógenos fúngicos postcosecha y alterantes de alimentos (IATA-CSIC)

Ana-Rosa Ballester y Luis González-Candelas

*Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos (IATA-CSIC).
Calle Catedrático Agustín Escardino 7, Paterna 46980, Valencia.
<https://www.iata.csic.es/es/personal/luis-gonzalez-candelas> • <https://www.iata.csic.es/es/personal/ana-rosa-ballester-frutos>*

ballesterar@iata.csic.es
Igonzalez@iata.csic.es
@PostPath_IATA



Miembros del grupo:
Luis González-Candelas (Investigador científico)
y Ana-Rosa Ballester (contratada Ramón y Cajal).

El laboratorio de patógenos fúngicos postcosecha y alterantes de alimentos del IATA-CSIC tiene su origen en 1997, con la incorporación de Luis González al grupo de Fisiología Postcosecha del IATA. El grupo tenía a los cítricos como objetivo prioritario en sus líneas de investigación. Sin embargo, no desarrollaba una línea propia de patología postcosecha. Las pérdidas económicas producidas por patógenos durante la postcosecha eran, y sigue siendo, unos de los principales problemas de la industria citrícola. Desde entonces, el objetivo principal del laboratorio ha sido comprender los mecanismos de patogenicidad de los principales hongos patógenos postcosecha de frutos para a través de ese conocimiento poder

diseñar nuevas estrategias de control más respetuosas con el medio ambiente y menos proclives a seleccionar resistencias. El perfil ideal de tratamiento antifúngico perseguido se basa en la conocida como terapia antivirulencia, que tiene como finalidad evitar que el patógeno infecte y cause enfermedad, pero sin atacar componentes esenciales para su viabilidad celular, con lo que se disminuye la presión selectiva que favorece la implantación de cepas resistentes. El laboratorio siempre ha tenido financiación a través de las convocatorias del Plan Nacional de I+D, con 8 proyectos consecutivos desde el año 1997, así como a través de proyectos para grupos de excelencia de la Comunidad Valenciana. Ha formado parte del núcleo fundador de la

red de excelencia MICOFOOD (Red Nacional sobre las micotoxinas y hongos toxigénicos y de sus procesos de descontaminación; <http://micofood.es/>) y ha llevado a cabo varios proyectos en colaboración con empresas del sector de fitosanitarios.

Centramos nuestros estudios en comprender los mecanismos moleculares implicados en la interacción fruto-patógeno, considerando ambos elementos, el fruto y el patógeno. Abordamos tanto las respuestas de defensa del fruto, como los mecanismos de inducción de resistencia del mismo frente a diferentes patógenos y los mecanismos y determinantes de patogenicidad y virulencia de los hongos, así como las micotoxinas que producen. En

nuestros estudios empleamos análisis fisiológicos, así como estrategias de genética, genómica, transcriptómica y metabolómica con el objetivo de entender las bases de los mecanismos implicados en los diferentes procesos.

Estudiamos los mecanismos de patogenicidad y virulencia de los principales hongos patógenos postcosecha del género *Penicillium*, como los patógenos de cítricos *Penicillium digitatum* y *Penicillium italicum*, o el patógeno de frutos de pepita, *Penicillium expansum*. Se pretende conocer las bases de las interacciones compatibles y no compatibles entre fruto y patógeno, las respuestas de defensa del fruto frente a distintos hongos, y los mecanismos y determinantes de patogenicidad y virulencia. También estamos interesados en los metabolitos secundarios producidos por hongos filamentosos, entre los que destacan las micotoxinas como la patulina, la citrinina o la ocratoxina A. Uno de los hongos productores de ocratoxina es *Aspergillus carbonarius*, que se encuentra infectando uvas y que también es objeto de estudio en nuestro laboratorio. En ambos aspectos nuestro abordaje es de tipo molecular/genómico. Desde un punto de vista más aplicado, el grupo también trabaja en nuevas aproximaciones y métodos de control alternativos a la utilización postcosecha de fungicidas químicos. Por un lado, se estudian tratamientos físicos, como los térmicos o la irradiación con luz de distintas longitudes de onda, que inducen respuestas de defensa naturales en el fruto. En esta línea de trabajo colaboramos con la Dra. M. Teresa Lafuente, que también es integrante del grupo de Fisiología, Patología y Biotecnología Postcosecha del IATA. Por otro lado, llevamos a cabo el escrutinio y estudiamos la viabilidad de distintos compuestos, tanto naturales como de síntesis, orgánicos o inorgánicos, que presentan actividad antimicrobiana, así como de microorganismos antagonistas de los patógenos fúngicos. Los compuestos con los que trabajamos tienen mecanismos de acción diferentes a los de los fungicidas habitualmente empleados en la postcosecha de frutos.

PUBLICACIONES RELEVANTES

Ballester A-R y Lafuente MT. (2017). LED blue light-induced changes in phenolics and ethylene in

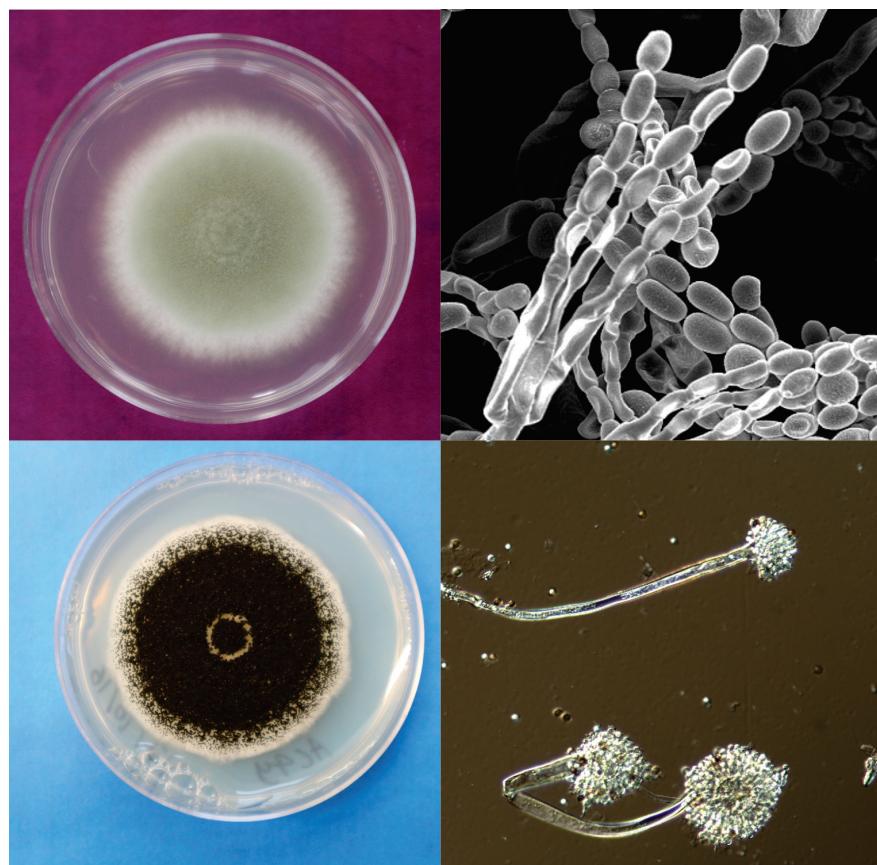


Fig 1. *Penicillium digitatum* (arriba) y *Aspergillus carbonarius* (abajo) creciendo en medio de cultivo PDA (izquierda) y detalle al microscopio de los conidióforos (derecha).



Fig 2. Frutos cítricos infectados artificialmente con *Penicillium digitatum*. A la derecha, frutos cítricos infectados artificialmente con un mutante de delección de *P. digitatum* con una reducida capacidad de infección.

- citrus fruit: Implication in elicited resistance against *Penicillium digitatum* infection. *Food Chem.* 218: 575-583.
- Ballester AR, Izquierdo A, Lafuente MT y González-Candelas L.** (2010). Biochemical and molecular characterization of induced resistance against *Penicillium digitatum* in citrus fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 56: 31-38.
- Ballester AR, Lafuente MT, De Vos CHR, Bovy A y González-Candelas L.** (2013). Citrus phenylpropanoids and defense against pathogens. Part I: Metabolic profiling in elicited fruits. *Food Chem.* 136: 178-185.
- Ballester AR, Lafuente MT, Forment J, Gadea J, De Vos CHR, Bovy AG y González-Candelas L.** (2011). Transcriptomic profiling of citrus fruit peel tissues reveals fundamental effects of phenylpropanoids and ethylene on induced resistance. *Mol. Plant Pathol.* 12(9): 879-897.
- Ballester AR, Lafuente MT y González-Candelas L.** (2013). Citrus phenylpropanoids and defense against pathogens. Part II: Gene expression and metabolite accumulation in the response of fruits to *Penicillium digitatum* infection. *Food Chem.* 136(1): 285-291.
- Ballester AR, Marçet-Houben M, Levin E, Sela N, Selma C, Carmona L, Wisniewski M, Droby S, González-Candelas L y Gabaldón T.** (2015). Genome, transcriptome, and functional analyses of *Penicillium expansum* provide new insights into secondary metabolism and pathogenicity. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 28(3): 232-248.
- Ballester AR, Norelli J, Abdelfattah A, Levin E, González-Candelas L, Droby S y Wisniewski M.** (2017). Transcriptomic response of resistant (PI613981 – *Malus sieversii*) and susceptible ('Royal Gala') genotypes of apple to blue mold (*Penicillium expansum*) infection. *Front. Plant Sci.* 8: 1981.
- Banani H, Marçet-Houben M, Ballester A-R, Abbruscato P, González-Candelas L, Gabaldón T y Spadaro D.** (2016). Genome sequencing and secondary metabolism of the postharvest pathogen *Penicillium griseofulvum*. *BMC Genomics* 17(1): 19.
- Buron-Moles G, López-Pérez M, González-Candelas L, Viñas I, Teixidó N, Usall J y Torres R.** (2012). Use of GFP-tagged strains of *Penicillium digitatum* and *Penicillium expansum* to study host-pathogen interactions in oranges and apples. *Int. J. Food Microbiol.* 160(2): 162-170.
- Crespo-Sempere A, González-Candelas L y Martínez-Culebras PV.** (2010). Genes differentially expressed by *Aspergillus carbonarius* strains under ochratoxin A producing conditions. *Int. J. Food Microbiol.* 142(1-2): 170-179.
- Crespo-Sempere A, López-Pérez M, Martínez-Culebras PV y González-Candelas L.** (2011). Development of a green fluorescent tagged strain of *Aspergillus carbonarius* to monitor fungal colonization in grapes. *Int. J. Food Microbiol.* 148(2): 135-140.
- Crespo-Sempere A, Martínez-Culebras PV y González-Candelas L.** (2014). The loss of the inducible *Aspergillus carbonarius* MFS transporter MfsA leads to ochratoxin A overproduction. *Int. J. Food Microbiol.* 181(0): 1-9.
- Crespo-Sempere A, Selma-Lázaro C, Martínez-Culebras P y González-Candelas L.** (2013). Characterization and disruption of the *cipC* gene in the ochratoxigenic fungus *Aspergillus carbonarius*. *Food Res. Int.* 54(1): 697-705.
- Crespo-Sempere A, Selma-Lázaro C, Palumbo JD, González-Candelas L y Martínez-Culebras PV.** (2016). Effect of oxidant stressors and phenolic antioxidants on the ochratoxigenic fungus *Aspergillus carbonarius*. *J. Sci. Food Agric.* 96(1): 169-177.
- Gerin D, González-Candelas L, Ballester A-R, Pollarbo S, De Miccolis Angelini R y Faretra F.** (2018). Functional characterization of the *alb1* orthologue gene in the ochratoxigenic fungus *Aspergillus carbonarius* (AC49 strain). *Toxins* 10(3): 120.
- Gonzalez-Candelas L, Alamar S, Sanchez-Torres P, Zacarias L y Marcos J.** (2010). A transcriptomic approach highlights induction of secondary metabolism in citrus fruit in response to *Penicillium digitatum* infection. *BMC Plant Biol.* 10(1): 194-211.
- Lafuente MT, Alférez F y González-Candelas L.** (2018). Light-emitting diode blue light alters the ability of *Penicillium digitatum* to infect citrus fruits. *Photochem. Photobiol.* 94: 1003-1009.
- Levin E, Ballester AR, Raphael G, Feigenberg O, Liu Y, Norelli J, Gonzalez-Candelas L, Ma J, Dardick C, Wisniewski M y Droby S.** (2017). Identification and characterization of LysM effectors in *Penicillium expansum*. *PLOS ONE* 12(10): e0186023.
- Levin E, Kishore A, Ballester AR, Raphael G, Feigenberg O, Liu Y, Norelli J, Gonzalez-Candelas L, Wisniewski M y Droby S.** (2019). Identification of pathogenicity-related genes and the role of a subtilisin-related peptidase S8 (PePRT) in autophagy and virulence of *Penicillium expansum* on apples. *Postharvest Biol. Technol.* 149: 209-220.
- López-Pérez M, Ballester A-R y González-Candelas L.** (2015). Identification and functional analysis of *Penicillium digitatum* genes putatively involved in virulence towards citrus fruit. *Mol. Plant Pathol.* 16(3): 262-275.
- Marçet-Houben M, Ballester A-R, De la Fuente B, Harries E, Marcos JF, González-Candelas L y Gabaldón T.** (2012). Genome sequence of the necrotrophic fungus *Penicillium digitatum*, the main postharvest pathogen of citrus. *BMC Genomics* 13: 646.
- Muñoz A, López-García B, Veyrat A, González-Candelas L y Marcos JF.** (2012). Comparative analysis of the sensitivity to distinct antimicrobials among *Penicillium* spp. causing fruit postharvest decay. *Phytopathologia Mediterranea* 50(3): 392-407.
- Sánchez-Torres P, Vilanova L, Ballester AR, López-Pérez M, Teixidó N, Viñas I, Usall J, González-Candelas L y Torres R.** (2018). Unravelling the contribution of the *Penicillium expansum* *PeSte12* transcription factor to virulence during apple fruit infection. *Food Microbiol.* 69: 123-135.
- Sanzani SM, Schena L, De Girolamo A, Ippolito A y González-Candelas L.** (2010). Characterization of genes associated with induced resistance against *Penicillium expansum* in apple fruit treated with quercetin. *Postharvest Biol. Technol.* 56(1): 1-11.
- Tian S, Torres R, Ballester AR, Li B, Vilanova L y González-Candelas L.** (2016). Molecular aspects in pathogen-fruit interactions: Virulence and resistance. *Postharvest Biol. Technol.* 122: 11-21.
- Vilanova L, López-Pérez M, Ballester A-R, Teixidó N, Usall J, Lara I, Viñas I, Torres R y González-Candelas L.** (2018). Differential contribution of the two major polygalacturonases from *Penicillium digitatum* to virulence towards citrus fruit. *Int. J. Food Microbiol.* 282: 16-23.
- Vilanova L, Torres R, Viñas I, González-Candelas L, Usall J, Fiori S, Solsona C y Teixidó N.** (2013). Wound response in orange as a resistance mechanism against *Penicillium digitatum* (pathogen) and *P. expansum* (non-host pathogen). *Postharvest Biol. Technol.* 78(0): 113-122.
- Zhang T, Sun X, Xu Q, González-Candelas L y Li H.** (2013). The pH signaling transcription factor Pacc is required for full virulence in *Penicillium digitatum*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 97(20): 9087-9098.