



Patología de Poscosecha de los Frutos Cítricos

Curso «Tecnología Poscosecha en Cítricos y otros Cultivos Emergentes
en la Comunitat Valenciana»
Valencia, 15 febrero 2018

Lluís Palou

Laboratori de Patologia, Centre de Tecnologia Postcollita (CTP)

E-mail: palou_llu@gva.es

<http://www.ivia.gva.es>

Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA)

Índice

- ❑ Principales podredumbres de poscosecha
- ❑ Epidemiología y estrategias de control: CINCEP
- ❑ Métodos de control alternativos a los fungicidas convencionales
 - Métodos de control físicos
 - Métodos de control químicos de bajo riesgo
 - Métodos de control biológicos
 - Combinación de métodos de control



Índice

- ❑ Principales podredumbres de poscosecha
- ❑ Epidemiología y estrategias de control: CINCEP
- ❑ Métodos de control alternativos a los fungicidas convencionales
 - Métodos de control físicos
 - Métodos de control químicos de bajo riesgo
 - Métodos de control biológicos
 - Combinación de métodos de control

Podredumbres de poscosecha

Principales podredumbres de poscosecha



Podredumbre verde
Green mold
Penicillium digitatum



Podredumbre azul
Blue mold
Penicillium italicum



Podredumbres de poscosecha



Podredumbre negra
Black rot
Alternaria alternata
A. citri



Podredumbre por Rhizopus
Rhizopus rot
Rhizopus stolonifer

Podredumbres de poscosecha



Podredumbre marrón
Brown rot
Phytophthora citrophthora



Podredumbre gris
Gray mold
Botrytis cinerea

Podredumbres de poscosecha

Antracnosis
Anthracnose
Colletotrichum gloeosporioides





Podredumbre amarga
Sour rot
Geotrichum citri-aurantii



GENERALITAT VALENCIANA **ivia**

Podredumbres de poscosecha

Proporción de enfermedades causadas por los principales patógenos (condiciones mediterráneas)

- *Penicillium digitatum* (55-80%)
- *Penicillium italicum* (2-30%)
- *Alternaria alternata*; *A. citri* (8-15%)
- *Botrytis cinerea* (8-20%)
- *Colletotrichum gloeosporioides* (2-6%)
- *Geotrichum citri-aurantii* (2-3%)
- *Rhizopus stolonifer* (1-3%)
- *Phytophthora citrophthora* (1-2%)

Fuente: Tuset, J.J. 1987. Podredumbres de los frutos cítricos. CAPA, GVA, Valencia

GENERALITAT VALENCIANA **ivia**

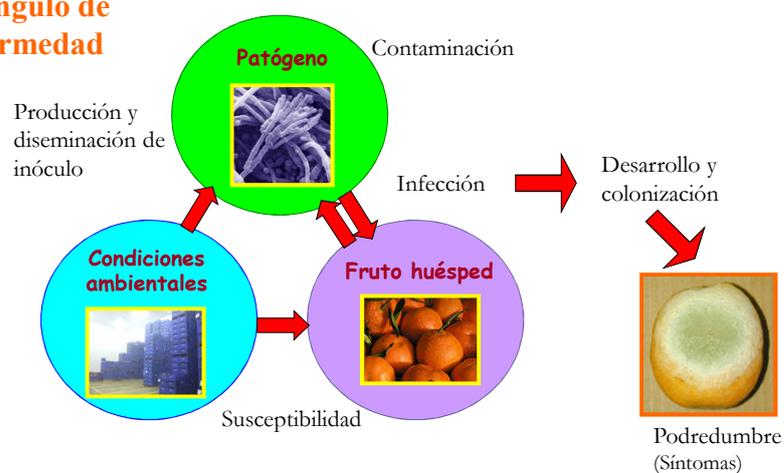
Índice

- ❑ Principales podredumbres de poscosecha
- ❑ Epidemiología y estrategias de control: CINCEP
- ❑ Métodos de control alternativos a los fungicidas convencionales
 - Métodos de control físicos
 - Métodos de control químicos de bajo riesgo
 - Métodos de control biológicos
 - Combinación de métodos de control

Epidemiología de las enfermedades

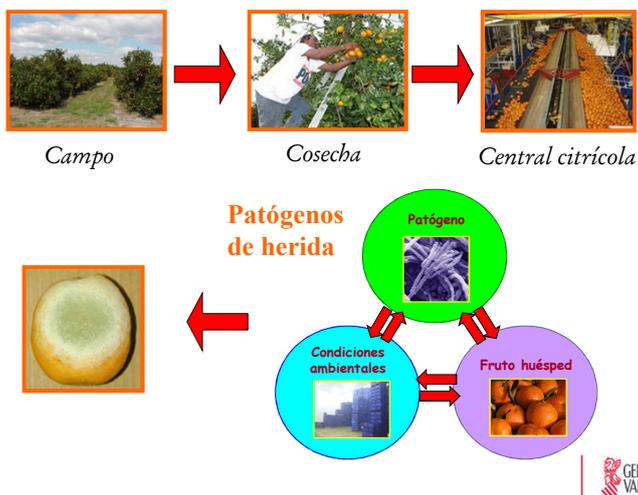
Epidemiología de las enfermedades

Triángulo de enfermedad



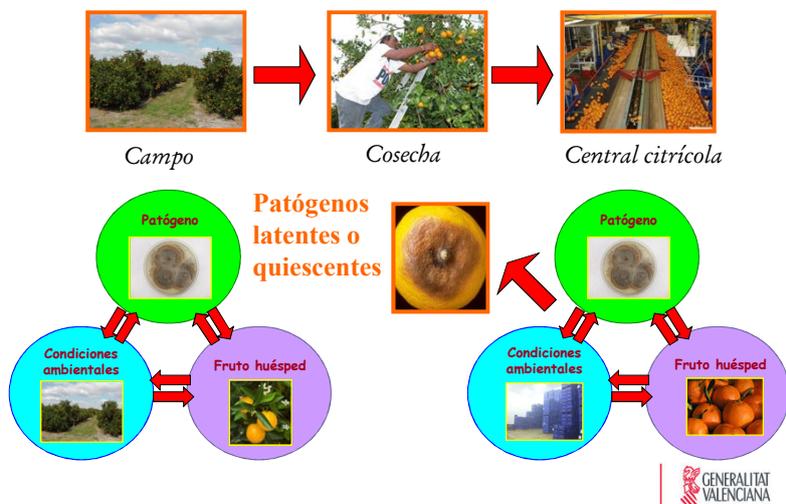
Tipos de patógenos

1. Infecciones en cosecha/poscosecha



Tipos de patógenos

2. Infecciones en precosecha



Ejemplos

❑ Patógenos de herida

- Podredumbres verde y azul (*Penicillium* spp.)
- Podredumbre amarga (*Geotrichum citri-aurantii*)
- Podredumbre por Rhizopus (*Rhizopus stolonifer*)



❑ Patógenos latentes

- Podredumbre negra (*Alternaria* spp.)
- Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*)
- Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*)
- Podredumbre marrón (*Phytophthora citrophthora*)
- Podredumbres pedunculares, Stem-end rots (*Lasiodiplodia theobromae* = *Diplodia natalensis*; *Phomopsis citri*)



Podredumbres verde y azul

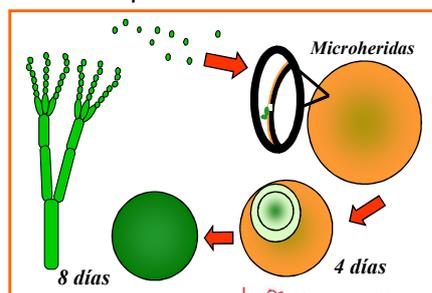
- ❑ Gran importancia económica en todo el mundo (>80% del total de podridos en zonas de clima mediterráneo: España, Italia, Marruecos, Egipto, California, ...)
- ❑ Infechan todas las especies de cítricos
- ❑ Contaminación del fruto tanto en precosecha como en poscosecha. Necesidad de control de infecciones incipientes de campo y de infecciones en central



Podredumbres verde y azul

- Patógenos de herida estrictos
- Ciclo propicio al desarrollo de resistencias
 - Diseminación de inóculo fúngico muy fácil y en grandes cantidades por el aire
 - Gran velocidad de crecimiento a temperatura ambiental
- Resistencia natural del fruto decrece con la maduración

Ciclo epidemiológico de *Penicillium digitatum*



Estrategias de control



Estrategias de control

Fungicidas y LMR autorizados en la UE para el tratamiento en poscosecha de cítricos

Fungicida	Inclusión	Caducidad	LMR (mg/kg)
Imazalil	01/01/1999	31/12/2021	5
Propiconazol	01/06/2004	31/01/2017	9 (naranja) 6 (mandarina, pomelo y limón)
Fosetyl-AI	01/05/2007	30/04/2017	75
Ortofenilfenol	01/01/2010	31/12/2019	5
Procloraz	07/01/1999	07/12/2021	10
Pirimetanil	01/06/2007	30/04/2018	8
Metiltiofanato	01/03/2006	31/10/2017	6
Tiabendazol	01/01/2002	31/06/2017	5
Fludioxonil	15/10/2015	31/10/2019	10

Reglamento (CE) N° 540/2011 que aplica el Reglamento (CE) N° 1107/2009

Estrategias de control

Eficacia de fungicidas de poscosecha

PATÓGENO/FUNGICIDA	Imazalil	Tiabendazol	OPP	Fosetyl-AI	Pirimetanil	Procloraz
<i>Penicillium digitatum</i>	++++	+++	++	0	+++	++++
<i>Penicillium italicum</i>	++++	+++	++	0	+++	++++
<i>Alternaria citri</i>	+	0	0	0		+
<i>Alternaria alternata</i>	+	0	0	0		++
<i>Botrytis cinerea</i>	+	++	0	0	+++	+
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	+	++			+++	++
<i>Diplodia natalensis</i>	+	+++	0	0		+++
<i>Geotrichum citri-aurantii</i>	0	0	++			0
<i>Rhizopus stolonifer</i>	0	0	+			0
<i>Phytophthora citrophthora</i>	0	0	0	+++		0
<i>Phomopsis citri</i>	++	+++	0	0		+++

Nivel de eficacia: ++++ Excelente +++ Bueno ++ Medio + Moderado 0 Nulo

Problemas actuales del control convencional (fungicidas químicos)

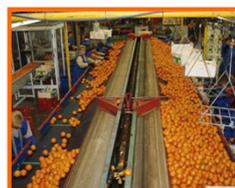
- ❑ Residuos químicos
 - Residuos en los frutos
 - Liberación de residuos químicos al medio ambiente
- ❑ Proliferación de cepas patogénicas resistentes
- ❑ Largo y costoso para las empresas el registro de nuevos productos fungicidas. Mercado de poscosecha relativamente pequeño, escaso retorno
- ❑ Acceso limitado a determinados mercados
 - Clientes de la UE demandan niveles de residuos menores que el Límite Máximo de Residuos (LMR)
 - Falta de armonización en las pretensiones de los clientes
 - Mayor importancia de mercados ecológicos, orgánicos o 'verdes'



CINCEP

Control Integrado No Contaminante de Enfermedades de Poscosecha

- ❑ Requiere el conocimiento de la epidemiología de los patógenos y de los factores de precosecha, cosecha y poscosecha que determinan la incidencia de la enfermedad: triángulo de enfermedad



CINCEP

- ❑ Se basa en incidir de forma global sobre el problema, actuando con medios no contaminantes sobre cada uno de esos factores en el momento adecuado para minimizar las pérdidas económicas debidas a las enfermedades de poscosecha
 - Actuaciones en precosecha
 - Actuaciones en cosecha
 - Actuaciones en poscosecha

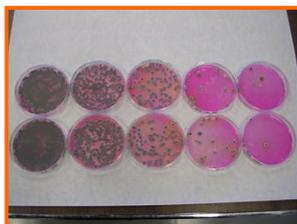
En precosecha

- ❑ Prácticas culturales
 - Eliminación de madera y frutos del suelo
- ❑ Tratamientos antifúngicos en campo
 - Para reducir niveles de inóculo
 - Aplicación de fungicidas autorizados
 - Para proteger el fruto
 - Aplicación de sales, agentes de biocontrol
 - Para inducir resistencia a la infección
 - Aplicación de reguladores del crecimiento



Estrategias de control

En precosecha



❑ Discriminación de partidas

- Estudios de susceptibilidad relativa de cultivares
- Modelos predictivos. Influencia de factores climáticos, de parcela y de producción en:



- Niveles de inóculo fúngico
- Resistencia natural del fruto a la infección

Estrategias de control

En la cosecha

- ❑ Esencial una cosecha extremadamente cuidadosa para minimizar heridas en la piel y daños mecánicos!!!!
- ❑ Equipo de recolectores concienciado y bien entrenado
- ❑ Uso de herramientas, técnicas y envases adecuados para la cosecha y el transporte



Estrategias de control

En poscosecha

- ❑ Manejo adecuado de los frutos
- ❑ Limpieza y desinfección de la central periódicas y efectivas
 - Minimizar las reinfecciones fúngicas en la central
 - Líneas de confección, cámaras de desverdizado y de conservación, envases y contenedores
 - Programación para toda la campaña



VALENCIANA **IVIA**

Estrategias de control

En poscosecha

- ❑ Tratamientos antifúngicos
 - Desinfectantes (desinfección superficial)
 - Cloro y derivados [NaClO , ClO_2 , $\text{Ca}(\text{ClO})_2$]
 - Ozono (O_3)
 - Ácido peracético (PAA)
 - Peróxido de hidrógeno (H_2O_2)
 - Mezclas
 - Fungicidas químicos convencionales
 - **Métodos alternativos de control**



VALENCIANA **IVIA**

Índice

- ❑ Principales podredumbres de poscosecha
- ❑ Epidemiología y estrategias de control: CINCEP
- ❑ **Métodos de control alternativos a los fungicidas convencionales**
 - Métodos de control físicos
 - Métodos de control químicos de bajo riesgo
 - Métodos de control biológicos
 - Combinación de métodos de control

Métodos de control alternativos: físicos

Métodos de control físicos

- ❑ **Tratamientos antifúngicos**
 - Tratamientos con calor: curado, agua caliente
 - Irradiaciones: luz UV-C, otras irradiaciones
 - Choques gaseosos
- ❑ **Tratamientos complementarios**
 - Conservación frigorífica
 - Conservación frigorífica en atmósferas controladas (AC) o modificadas (AM) pasivas
 - Convencionales
 - Hipobáricas: 75-175 mm Hg
 - Ozonizadas



Métodos de control alternativos: físicos

Tratamientos con calor

Curado (aire caliente)

- Almacenamiento a alta temperatura ($>30^{\circ}\text{C}$) y HR ($>90\%$) durante 1-3 días



Agua caliente

- Inmersión: Baños de 1-5 min en agua a $> 40^{\circ}\text{C}$
- 'Hot water rinsing and brushing' (HWRB): 10-30 s a $55-65^{\circ}\text{C}$ sobre cepillos en rotación

Métodos de control alternativos: físicos

Irradiaciones



Luz UV-C

- Iluminación con luz UV lejana (100-280 nm) a dosis bajas ($0.5-8 \text{ kJ/m}^2$)
- Diferentes prototipos experimentales
- Necesidad de integración efectiva en la línea de confección

Otras irradiaciones

- Rayos γ (radioactivos), rayos β (electrones acelerados), rayos X
- Luz a pulsos
- Radiofrecuencia
- Microondas



Métodos de control alternativos: físicos

Atmósferas ozonizadas

- ❑ Conservación frigorífica en cámaras ozonizadas (0,1-1,0 ppm O₃)
- ❑ Muy alto poder oxidante: medidas de seguridad para protección de operarios y de los frutos
- ❑ Necesidad de monitorización continua de la concentración de gas



Recent Advances in Alternative Postharvest Technologies to Control Fungal Diseases in Fruits & Vegetables, 2006: 39-70 ISBN: 81-7895-244-0
Editors: Rosalba Troncoso-Rojas, Martin E. Tiznado-Hernández and Alberto González-León

3

Ozone applications for sanitation and control of postharvest diseases of fresh fruits and vegetables

Luis Palou¹, Joseph L. Smilanick² and Dennis A. Margosan²
¹Departament de Postcollita, Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA)
Apartat Oficial, 46113 Montcada, València, Spain; ²USDA-ARS San Joaquin Valley
Agricultural Sciences Center, 9611 South Riverbend Avenue, Parlier
CA 93648, USA

GENERALITAT VALENCIANA **ivia**

Métodos de control alternativos: físicos

Atmósferas ozonizadas

- ❑ Retrasa desarrollo enfermedad pero no reduce incidencia: no puede reemplazar el uso de fungicidas convencionales
- ❑ Inhibe crecimiento micelial aéreo y esporulación si hay contacto directo del gas con el fruto infectado
- ❑ No penetra a través de plásticos o cartones usados comúnmente para embalar fruta fresca



GENERALITAT VALENCIANA **ivia**

Índice

- ❑ Principales podredumbres de poscosecha
- ❑ Epidemiología y estrategias de control: CINCEP
- ❑ **Métodos de control alternativos a los fungicidas convencionales**
 - Métodos de control físicos
 - **Métodos de control químicos de bajo riesgo**
 - Métodos de control biológicos
 - Combinación de métodos de control

Métodos de control alternativos: químicos

Métodos de control químicos de bajo riesgo

Sustancias naturales o de síntesis con efectos residuales sobre el medio ambiente y toxicológicos sobre personas y animales bien conocidos y muy bajos

- ❑ Sustancias naturales
- ❑ Aditivos alimentarios y sustancias GRAS
- ❑ Sustancias inductoras de resistencia
- ❑ Recubrimientos comestibles antifúngicos



Métodos de control alternativos: químicos

Sustancias naturales

- ❑ Volátiles, aceites esenciales, extractos de plantas
 - Acetaldehído, jasmonatos, etanol, hexanal, citral, flavanonas, polimetoxiflavonas, cumarinas, etc....
 - *Thymus* spp., *Mentha* spp., *Myrtus* spp., *Eucaliptus* spp., *Camelia* spp., *Cinnamomum* spp., *Rosmarinus* spp., *Origanum* spp., *Salvia* spp., *Acacia* spp., *Artemisia* spp., etc.
- ❑ Péptidos y proteínas
- ❑ Quitosano y derivados



GENERALITAT VALENCIANA **ivia**

Métodos de control alternativos: químicos

Aditivos alimentarios y sustancias GRAS

- ❑ Sales inorgánicas: carbonatos, bicarbonatos,... de Na, K,...
- ❑ Sales orgánicas: sorbatos, benzoatos, parabenos... de Na, K,...
- Baños en soluciones acuosas: 1-5 min, 2-4%
- Cierta implementación comercial



GENERALITAT VALENCIANA **ivia**

Métodos de control alternativos: químicos

Sustancias inductoras de resistencia

- Aplicación en precosecha, pero también en poscosecha (menor actividad en general)
 - Silicato potásico, silicato sódico
 - Ácido salicílico (SA)
 - Acibenzolar (BTH)
 - Ácido β -aminobutírico (BABA)
 - Etc.



GENERALITAT VALENCIANA **ivia**

Métodos de control alternativos: químicos

Recubrimientos comestibles antifúngicos

- Sustitución de ceras convencionales formuladas con fungicidas sintéticos. También función fisiológica (conservación frigorífica)
- Naturales: Quitosano, geles de *Aloe* spp.,...
- Sintéticos: filmes y recubrimientos compuestos
 - Recubrimientos base de matriz de hidrocoloide (proteínas/polisacáridos) y lípido formulados con ingredientes antifúngicos
 - Aditivos alimentarios y sustancias GRAS
 - Sustancias naturales (aceites esenciales,...
 - Agentes de biocontrol



GENERALITAT VALENCIANA **ivia**

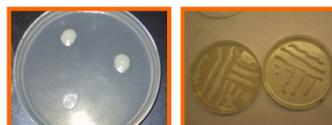
Índice

- ❑ Principales podredumbres de poscosecha
- ❑ Epidemiología y estrategias de control: CINCEP
- ❑ **Métodos de control alternativos a los fungicidas convencionales**
 - Métodos de control físicos
 - Métodos de control químicos de bajo riesgo
 - **Métodos de control biológicos**
 - Combinación de métodos de control

Métodos de control alternativos: biológicos

Métodos de control biológicos

- ❑ **Microorganismos antagónicos**
 - Bacterias, levaduras, hongos filamentosos
 - Control basado en la interacción entre organismos vivos. Gran volumen de investigación en todo el mundo
 - Aplicación en baño, ducha o pulverización de células o filtrados en suspensión acuosa
 - Limitaciones
 - Actividad inconsistente
 - Especificidad excesiva
 - Falta de actividad curativa
 - Registro en la UE caro y complejo (equivalente al de fungicidas químicos)
 - Muy pocos productos comerciales disponibles



Índice

- ❑ Principales podredumbres de poscosecha
- ❑ Epidemiología y estrategias de control: CINCEP
- ❑ **Métodos de control alternativos a los fungicidas convencionales**
 - Métodos de control físicos
 - Métodos de control químicos de bajo riesgo
 - Métodos de control biológicos
 - **Combinación de métodos de control**

Combinación de métodos de control

- ❑ Un único tratamiento
 - En general, los tratamientos alternativos físicos, químicos o biológicos individuales difícilmente pueden igualar los niveles de efectividad, persistencia y espectro de acción de los fungicidas químicos convencionales
- ❑ Combinación de dos o más tratamientos
 - Efectos aditivos o sinérgicos para aumentar efectividad y/o persistencia de los tratamientos individuales
 - Efectos complementarios para combinar actividad curativa y preventiva
 - Implementación de tratamientos efectivos que aplicados individualmente resultan imprácticos, costosos o arriesgados

Métodos de control alternativos: combinaciones

Calor con otros sistemas



- ❑ Otros métodos físicos
 - Irradiación (UV-C, rad. ionizantes)
 - Choques gaseosos
- ❑ Métodos químicos
 - Calentamiento de soluciones acuosas de fungicidas o químicos alternativos (aditivos, GRAS, sustancias naturales,...)
 - Curado y químicos alternativos
- ❑ Antagonistas de biocontrol
 - Curado, agua caliente (inmersión, HBW)

Métodos de control alternativos: combinaciones

Agentes de biocontrol con otros sistemas

- ❑ Métodos físicos
 - Luz UV-C
 - Conservación en AC
- ❑ Métodos químicos
 - Fungicidas convencionales a dosis bajas
 - Aditivos, sustancias GRAS
 - Sustancias naturales (volátiles, extractos de plantas, quitosano, ...)
 - Otros químicos alternativos: 2-deoxi-D-glucosa, ...



Adopción de métodos alternativos

- ❑ Parte fundamental de las estrategias de CINCEP
- ❑ Necesidad de adaptación a cada patosistema
 - Investigación fundamental sobre interacciones en triángulo de enfermedad
 - Investigación aplicada sobre cada situación comercial particular
- ❑ Limitaciones
 - Difícil igualar la actuación de los fungicidas químicos convencionales. Necesidad de integración de tratamientos
 - Necesidad de acompañar su aplicación con otras actuaciones en CINCEP
 - Problemas tecnológicos de implementación comercial
 - Uso limitado si hay disponibilidad de fungicidas químicos

Adopción de métodos alternativos

- ❑ Aparte de la actividad antifúngica, importante determinar el efecto sobre los frutos tratados
 - Efecto sobre calidad analítica y sensorial
 - Efecto sobre compuestos bioactivos y propiedades nutricionales
 - Efecto sobre el potencial de conservación frigorífica y 'shelf life'



Situación actual en España

- ❑ Uso de fungicidas convencionales a bajas dosis. Para cumplir requisitos de exportación. Peligro incremento resistencias
- ❑ Se intensifica la utilización de desinfectantes superficiales alternativos de aplicación al fruto
- ❑ Importancia de disponer de equipos adecuados (balsas, etc.) para la integración de tratamientos (disponibles en pocas centrales)
- ❑ Uso limitado de soluciones calientes, productos o recubrimientos a base de sustancias GRAS (sorbato potásico, carbonatos sódicos) o extractos vegetales
- ❑ Uso limitado de la ozonización de cámaras frigoríficas