



**RED TECNOLÓGICA
SECTORIAL PARA LA
INNOVACIÓN EN
POSTCOSECHA DE
FRUTOS CÍTRICOS:
PRINCIPALES
RESULTADOS**

Setiembre, 2021

SERIE
TÉCNICA

258

INIA

RED TECNOLÓGICA SECTORIAL PARA LA INNOVACIÓN EN POSTCOSECHA DE FRUTOS CÍTRICOS: PRINCIPALES RESULTADOS

INNOVATION NETWORK IN CITRUS FRUIT POSTHARVEST: MAIN GOALS



Unión de Productores y Exportadores Frutihortícolas del Uruguay



Autores: Gerónimo Fernández¹
Elena Pérez²
Pedro Pintos²
Oribe Blanco²
Pilar Plaza³
María Sisquella³
Andrea Pastore⁴
Joanna Lado^{2*}

¹Unión de productores y exportadores de frutas del Uruguay (UPEFRUY), Rincón 487, Montevideo, Uruguay.

²Programa Nacional de Investigación en Producción Citrícola. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Camino al Terrible s/n, Casilla postal: 68033, Salto, Uruguay.

³Servicio técnico Postcosecha. Instituto de investigación y tecnología agroalimentarias (IRTA), Parc Científic i Tecnològic Agroalimentari de Lleida (PCITAL), Catalunya, España.

⁴URUD'OR S.A., Rincón 487, Montevideo, Uruguay.

*jlado@inia.org.uy

Título: RED TECNOLÓGICA SECTORIAL PARA LA INNOVACIÓN EN POSTCOSECHA DE FRUTOS CÍTRICOS: PRINCIPALES RESULTADOS

Autores: Gerónimo Fernández
Elena Pérez
Pedro Pintos
Oribe Blanco
Pilar Plaza
María Sisquella
Andrea Pastore
Joanna Lado

Serie Técnica N° 258

© 2021, INIA

doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.258>

e-ISBN 978-9974-38-459-0

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA
Avda. Italia 6201, Edificio Los Guayabos, Parque Tecnológico del LATU,
Montevideo - Uruguay
<http://www.inia.uy>

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Esta publicación no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

INTEGRACIÓN DE LA JUNTA DIRECTIVA



**Ministerio
de Ganadería,
Agricultura y Pesca**

Ing. Agr. José Bónica - Presidente

Ing. Agr. Walter Baethgen - Vicepresidente



Ing. Agr. Rafael Secco

Ing. Agr. Martín Gortari



Ing. Agr. Alberto Bozzo

Ing. Agr. Alejandro Henry

CONTENIDO

RESUMEN	1
RESUMEN EJECUTIVO	2
CAPÍTULO 1. MEJORA DEL MANEJO SANITARIO DE LOS PRINCIPALES PATÓGENOS DE CÍTRICOS EN POSTCOSECHA	5
1. EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LOS DIFERENTES PUNTOS DE APLICACIÓN FUNGICIDA	7
2. MONITOREO DE CONTAMINACIÓN, DESINFECCIÓN Y CEPAS RESISTENTES DE <i>Penicillium</i> SPP.	13
3. SEGUIMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO EN LAS BALSAS DE VOLCADO Y EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN CON PATÓGENOS DE CÍTRICOS	16
4. LIMPIEZA DE DRENCHER Y BINES PARA ELIMINAR TRAZAS DE PROPICONAZOL .	17
5. EVALUACIÓN DE PRODUCTOS COMERCIALES ALTERNATIVOS A BASE DE SORBATO DE POTASIO PARA EL CONTROL POSTCOSECHA DE LA PODREDUMBRE VERDE Y LA PODREDUMBRE AMARGA.	22
CAPÍTULO 2. MANEJO DE DESÓRDENES FISIOLÓGICOS	25
6. RECUBRIMIENTOS Y EFECTO EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE FRUTOS CÍTRICOS PARA EXPORTACIÓN	26
7. EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE DAÑO POR FRÍO EN LIMÓN AMARILLO BAJO EL RÉGIMEN DE TRATAMIENTO CUARENTENARIO POR FRÍO	32
8. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y LA INCIDENCIA DE DAÑO POR FRÍO EN DIFERENTES VARIEDADES DE NARANJA EMPACADAS A GRANEL BAJO EL RÉGIMEN DE TRATAMIENTO CUARENTENARIO POR FRÍO	38
9. EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL RÉGIMEN DE TRATAMIENTO CUARENTENARIO POR FRÍO EN NARANJA VALENCIA CARGADA A TEMPERATURA AMBIENTE	41
CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS	44
AGRADECIMIENTOS	45
BIBLIOGRAFÍA	46

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Página

FIGURAS

Figura 1. Brecha inicial (verde claro), acortamiento de la brecha al último año de proyecto (verde oscuro) y mejoras que aún están pendientes (naranja)	4
Figura 2. Número de mejoras propuestas para cada empresa en forma diferencial y porcentaje de innovación tecnológica en cada empresa	4
Figura 3. Tipos de drencher más comunes utilizados en las diferentes empresas	6
Figura 4. Drencher de fosa	9
Figura 5. Boquillas laterales instaladas en un drencher de ropero (A), diferentes tipos de filtros utilizados, de perlita (B1), de hidrociclón (B2), de mallas (B3), o sistema de filtrado por decantación (C)	10
Figura 6. Incidencia de podredumbre verde en mandarina W. Murcott inoculada con <i>Penicillium digitatum</i> y tratada	11
Figura 7. Incidencia de podredumbre verde en naranja y en naranja Navelina	11
Figura 8. Ejemplo de los datos de monitoreo ambiental realizado en una planta de empaque durante una zafra completa de trabajo	14
Figura 9. Balsa en la que el bin de fruta se vuelca sin tocar el agua (A) y en donde se sumerge completamente (B), monitoreo de la contaminación del agua de una balsa con y sin hipoclorito de sodio (C y D)	17
Figura 10. Incidencia de podredumbre verde (biotipo sensible y resistente a IMZ) en Clementina de Nules y en Navelina	23
Figura 11. Incidencia de podredumbre verde (biotipo sensible y resistente a IMZ) en Clementina de Nules y en Navelina inoculada y tratada en cascada	24
Figura 12. Concentración de etanol (ppm) en mandarina Clementina de Nules (A) y naranja Navelina (B) para cada tratamiento	28
Figura 13. Pérdida de peso de los frutos de naranjas New Hall y Salustiana, y mandarinas Clementina de Nules y Nova	29
Figura 14. Incidencia de daño por frío (DF) en frutos de naranja New Hall (A) y Salustiana (B)	30
Figura 15. Concentración de etanol (ppm) en las mandarinas Clementina de Nules (A) y Nova (B), y en las naranjas New Hall (C) y Salustiana (D)	31
Figura 16. Temperaturas de pulpa de los diferentes tratamientos evaluados durante el enfriamiento previo, el almacenamiento de 30 días y 7 días más de vida comercial	34
Figura 17. Incidencia y severidad de daño por frío (DF) en limón Lisbon	35
Figura 18. Temperaturas de pulpa de la fruta almacenada	36
Figura 19. Incidencia (%) y severidad (IDF) de daño por frío en limón Lisbon y Fino	37
Figura 20. Principales desórdenes fisiológicos observados en limón amarillo luego de la conservación a temperatura de cuarentena	37

Figura 21. Disposición de la fruta en los bins de madera para exportación, por origen y variedad (izquierda), y síntomas de daño por frío en Salustiana	39
Figura 22. Temperaturas de pulpa (Sonda 1, Sonda 2) y de ambiente (TA1, TA2, TA3) de las diferentes posiciones monitoreadas durante 30 días de almacenamiento en un contenedor comercial seteado a 0 °C	39
Figura 23. Incidencia (%) y severidad de daño por frío evaluada como el índice de daño por frío (IDF), en naranjas Lanelate, Salustiana y Valencia Midnight	40
Figura 24. Esquema de carga del contenedor con bins de madera (izquierda) y con pallets con cajas telescópicas (derecha)	41
Figura 25. Temperaturas de pulpa de las diferentes posiciones monitoreadas en el contenedor seteado a 0 °C y cargado con bins de madera	42
Figura 26. Temperaturas de pulpa de las diferentes posiciones monitoreadas en el contenedor seteado a 0 °C cargado con pallets de cajas telescópicas	42
Figura 27. Vista en corte longitudinal de un contenedor frigorífico.	43

CUADROS

Cuadro 1. Principales cambios adoptados por parte de las empresas	3
Cuadro 2. Detalle de las tecnologías de aplicación, productos fungicidas y concentración utilizada por las empresas	7
Cuadro 3. Trazas de PZ (ppm) detectados en frutos y caldos	18
Cuadro 4. Concentración de propiconazol (ppm) en agua	19
Cuadro 5. Concentración de propiconazol en agua (ppm)	19
Cuadro 6. Trazas de propiconazol en agua (ppm) analizados	20
Cuadro 7. pH del caldo y concentración de peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂)	20
Cuadro 8. Concentración de propiconazol (ppm) detectada	21
Cuadro 9. Concentración de propiconazol (ppm) que aportó el drencher y concentración final luego de bañar los 32 bins de cada tanda evaluada	21
Cuadro 10. Recubrimientos (ceras) evaluados	27
Cuadro 11. Índice de color de cáscara (ICC Hunter Lab), porcentaje de jugo, contenido de azúcares (°Brix) y porcentaje de acidez de cada variedad evaluada	28
Cuadro 12. Estado general del cáliz (%) en las cuatro variedades evaluadas	30
Cuadro 13. Índice de color de cáscara (ICC Hunter Lab)	34

La industria cítrica uruguaya está orientada principalmente a la exportación de fruta fresca. El mercado internacional de cítricos es competitivo, dinámico y exige cambios permanentes. A nivel nacional se encontró una brecha importante entre los conocimientos generados y las tecnologías utilizadas por las empresas en el manejo postcosecha de frutos cítricos. Por ello surgió la iniciativa de conformar una Red Tecnológica Sectorial para la innovación en postcosecha de frutos cítricos (ANII, RTS_1_2016_1_127275). Mediante un análisis detallado de las condiciones de trabajo, se identificaron puntos críticos y oportunidades de mejora concretas, que permitieron minimizar ineficiencias y optimizar la logística y el manejo de la fruta cítrica una vez cosechada. Los cambios realizados optimizaron los procesos de producción, reduciendo las pérdidas y mejorando la competitividad. La modalidad de trabajo estrechó los lazos interempresariales y con el centro de investigación, favoreciendo el diálogo, la discusión crítica y la comunicación entre técnicos e investigadores, fomentando además las mesas de trabajo en conjunto donde se discuten y analizan diferentes amenazas, desafíos y oportunidades. Los trabajos realizados en el marco de la red demostraron que el modelo de funcionamiento y la metodología aplicada son válidos y que es viable generar cambios con diferentes niveles de inversión e impacto real en los resultados empresariales. En este sentido, las diferentes empresas son conscientes del desafío que conlleva producir fruta de primer nivel, y de la necesidad y los beneficios que conlleva esta forma de trabajo en I+D+i.

Palabras clave: citrus, innovación, investigación asociativa, manejo postcosecha, trabajo en red

ABSTRACT

The objective of the Uruguayan citrus industry is to export fresh fruit to different distant markets. The international citrus business is competitive, dynamic and demands permanent changes. In Uruguay, an important gap was found between the knowledge generated and the technologies incorporated by the companies in the postharvest handling of citrus fruits. For this reason, an inter-company network was created for innovation in postharvest of citrus fruits (ANII, RTS_1_2016_1_127275). Through a detailed analysis of the working conditions, bottlenecks and improvement opportunities were identified, making it possible to minimize inefficiencies and optimize logistics and handling of citrus fruit postharvest. The different incorporated changes contributed to the optimization of production processes, reduced losses and improved companies' competitiveness. The work methodology improved inter-company relations and with the research institutes, fostering dialogue, critical discussion and communication among technicians and researchers, promoting round tables, where different threats, challenges and opportunities are analysed. The work carried out demonstrated that the operating model of associative research and the applied methodology are valid and that it is feasible to generate changes with different levels of investment and impact. The different companies are aware of the challenge of producing top quality fruit, and of the need and benefits that this associative strategy in R & D & I entails.

Key words: associative research, citrus, innovation, networking, postharvest handling

RESUMEN EJECUTIVO

La producción de cítricos en Uruguay se basa en la exportación de fruta fresca en contra estación a países del hemisferio norte. El mercado internacional de cítricos es competitivo y dinámico, exigiendo cambios permanentes que adapten la oferta a las condiciones de los mercados compradores. En algunos casos, es necesaria la adaptación de tecnologías conocidas a las condiciones particulares de cada planta de empaque mientras que, en otros, se requiere la generación de nueva información, con participación y apoyo desde la investigación nacional. En este contexto, se identificaron oportunidades de mejora en el manejo postcosecha de frutos cítricos asociadas con los conocimientos generados a nivel nacional e internacional. Con el objetivo de aprovecharlas y de consolidar los vínculos interempresariales ya existentes, surgió la iniciativa de conformar en Uruguay una red tecnológica sectorial para la innovación en postcosecha de frutos cítricos. Este objetivo es compartido por las empresas cítricas que forman parte de la Unión de productores y exportadores de frutas del Uruguay (UPEFRUY): Citrícola Salteña S.A., URUD'OR S.A., Samifruit Uruguay S.A., Noridel S.A., Forbel S.A., Camposol S.A y por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). En este contexto, se identificó la labor del Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (IRTA) en el desarrollo de proyectos de transferencia de tecnologías con investigación aplicada *in situ*. UPEFRUY, INIA e IRTA, implementaron un proyecto financiado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) (ANII - Sector productivo, código RTS_1_2016_1_127275).

Inicialmente se realizaron visitas técnicas que, mediante encuestas y entrevistas personalizadas, lograron obtener una visión general de cada empresa (infraestructura

utilizada, producción y variedades, manejo postcosecha, principales destinos de exportación). Mediante un análisis detallado de las condiciones de trabajo particulares, se identificaron los principales puntos críticos o cuellos de botella y las oportunidades de mejora concretas de cada empresa, y a nivel general para todo el sector, que permitieron minimizar ineficiencias y optimizar la logística y el manejo de la fruta cítrica una vez cosechada. En el Cuadro 1 se resumen los principales puntos críticos detectados, así como los cambios tecnológicos realizados por las empresas. Estos puntos críticos se agruparon en dos grandes áreas temáticas las cuales fueron los ejes guía principales en los cuatro años de trabajo: El manejo sanitario de los principales patógenos de cítricos en postcosecha y el manejo de desórdenes fisiológicos durante la conservación refrigerada.

La modalidad de trabajo, propuesta e impulsada por los técnicos referentes de IRTA, aceleró la transferencia de tecnologías y conocimientos, aportando soluciones tecnológicas adaptadas a las condiciones de nuestro país y de cada empresa en particular (Cuadro 1). Esta interacción permitió la capacitación en el área postcosecha de cítricos del técnico referente que lideró todos los trabajos realizados, tanto en Uruguay como en España, así como la capacitación y posibilidad de realizar visitas técnicas en España por parte de un asistente en investigación de INIA y por parte de un técnico de una empresa participante. Este vínculo también estrechó la interacción entre las empresas y los institutos de investigación involucrados.

En base a las principales limitantes encontradas (Cuadro 1), se determinó la brecha inicial que poseía cada empresa al inicio del proyecto (2017). Finalizado el período

Cuadro 1. Principales cambios adoptados por parte de las empresas en función de los puntos críticos detectados y a los resultados de las evaluaciones realizadas durante el proyecto.

Evaluación	Punto crítico detectado	Cambios realizados
Aplicaciones fungicidas en drencher	Falta de eficacia en el tratamiento	Aumento del caudal Reducción de la velocidad del tratamiento Aumento del tiempo de baño Cambio en la estrategia fungicida (por ej. suma de PZ al OPP) Adición de coadyuvantes
	Reducción de eficacia en el tiempo	Incorporación filtros (hidrociclón, malla, perlita) Reducción volumen de fruta tratada entre recambio total de caldo
	Falta de homogeneidad en el tratamiento	Incorporación de tuberías laterales Aumento del caudal Aumento del tiempo de baño Aumento del número de boquillas
Aplicaciones fungicidas en línea de empaque	Falta de efectividad del spray	Sustitución por aplicación en cascada Aumento del caudal y el número de boquillas
	Eficacia de spray vs cera	Reducción de IMZ en cera y aumento en spray
	Falta de efectividad en cera	Sustitución de aspersores por disco giratorio
	SOPP, acción fungicida ineficaz	Eliminación o sustitución por sorbato de potasio
Alternativas de control sin residuos	Falta de herramientas para control sin residuos	Instalación de línea de preselección de limón a campo con tratamiento de bicarbonato de sodio por inmersión
Monitoreo de la contaminación	Momentos específicos con alta carga de contaminación	Mejora de la desinfección de la planta de empaque
Daños por frío (DF)	Túnel de frío aumenta DF	No utilización en variedades sensibles a DF o en años de mayor incidencia
	Evaluaciones de limón en cuarentena satisfactorias	Envíos puntuales a temperatura de cuarentena
	Nueva cera y aditivos eficaces en la reducción del DF	Envíos de naranjas sensibles a temperatura de cuarentena
Protocolo exportación EE.UU.	Temperatura de cuarentena requerida al momento de carga	Carga de fruta a temperatura ambiente sin perjudicar el tratamiento cuarentenario en el transporte
Ceras	Disponibilidad de nuevos recubrimientos	Cambio de la cera utilizada en la mayoría de las empresas
Fungicidas alternativos	Nuevos productos sin residuos químicos	Envíos piloto a la UE de fruta sin tratamientos químicos de postcosecha

do de implementación del proyecto, se cuantificó el acortamiento de la brecha inicial existente, reflejándose que aún existen puntos críticos con mejoras pendientes que significan nuevos desafíos (Figura 1).

En base a la brecha inicial, y más allá de los trabajos realizados en conjunto, se trabajó en forma individualizada en cada empresa. En este sentido, en las empresas

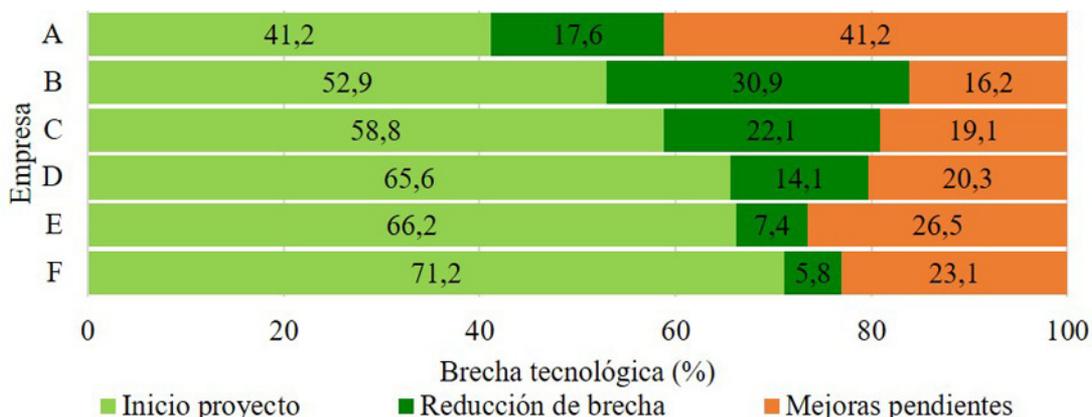


Figura 1. Brecha inicial (verde claro), acortamiento de la brecha al último año de proyecto (verde oscuro) y mejoras que aún están pendientes (naranja), calculados en forma diferenciada para cada empresa participante del proyecto en base a los puntos críticos detectados y la superación de los mismos.

con mayor brecha tecnológica inicial, existió un mayor número de propuestas. La inclusión de innovación o adopción y tecnologías planteadas, llevó al acortamiento diferenciado de la brecha tecnológica, observando una mayor reducción (expresada en %) en las empresas que adoptaron más propuestas (Figura 2).

Los trabajos realizados en el marco de la red mostraron que el modelo de funcionamiento y la metodología aplicada permiten generar cambios significativos que aporten a reducir los principales cuellos de botella,

con diferentes niveles de inversión e impacto en los resultados empresariales. En este sentido, las diferentes empresas destacan el aprovechamiento y los beneficios que tiene esta forma de trabajo en I+D+i, apostando a continuar con esta modalidad en conjunto en el futuro.

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos, conclusiones y cambios tecnológicos realizados como productos de trabajo en red, organizados en las dos grandes áreas temáticas identificadas.

4

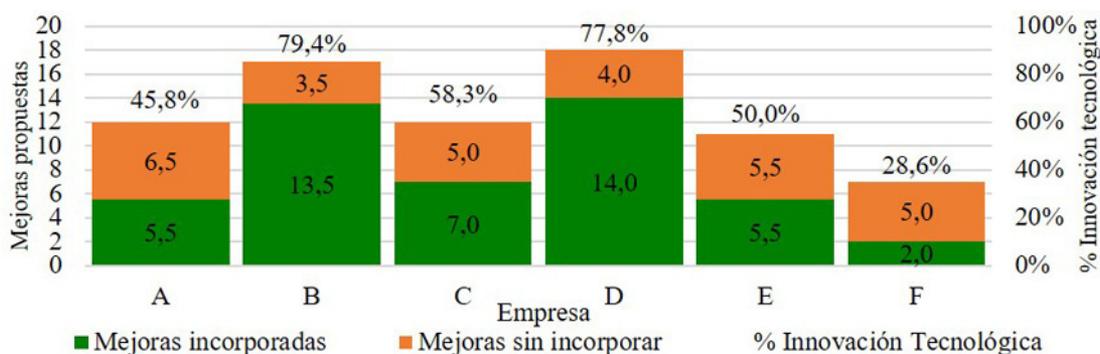


Figura 2. Número de mejoras propuestas para cada empresa en forma diferencial y porcentaje de innovación tecnológica en cada empresa. Las mismas se especifican en mejoras incorporadas y sin incorporar.

CAPÍTULO 1 - MEJORA DEL MANEJO SANITARIO DE LOS PRINCIPALES PATÓGENOS DE CÍTRICOS EN POSTCOSECHA

Las enfermedades de postcosecha relevantes en Uruguay son las podredumbres blandas, principalmente las que ocasionan patógenos del género *Penicillium*, siendo el más importante *Penicillium digitatum* Sacc., causante de la podredumbre verde (Pérez et al., 2011). Debido a la restricción de algunas moléculas fungicidas en los principales mercados de destino de la fruta cítrica, otra enfermedad de creciente relevancia a nivel local es la podredumbre amarga provocada por *Geotrichum citri-aurantii* (E. E. Butler; Pérez et al., 2019). El punto crítico inicial identificado en todas las plantas de empaque, fue la baja eficacia de los diferentes tratamientos fungicidas. Uno de los indicadores observados para ello fue la utilización de altas dosis de principios activos que contrastaban con la baja concentración de residuos analizados en fruta y la elevada incidencia de frutas podridas contabilizada, tanto en destino como en contramuestras (muestras de fruta del mismo lote enviado a destino que conserva cada empresa en las mismas condiciones de refrigeración). Según datos aportados por UPEFRUY, entre los años 2017–2020 la incidencia de frutos podridos representó alrededor del 1% de la producción total exportada, lo que pudo significar más de 1000 toneladas de pérdidas anuales o más de USD 800.000 (cálculo en base a DIEA-MGAP, 2020).

Los principios activos más utilizados para el control de las podredumbres por *Penicillium* spp. son imazalil (IMZ), pirimetanil (PIR) y ortofenilfenol (OPP). En ambientes donde se ha realizado un uso continuo de ellos, se incrementaron las poblaciones de patógenos capaz de resistir a las dosis co-

merciales de estos fungicidas, encontrándose en la mayoría de los casos biotipos resistentes a más de un principio activo (Cocco, 2005, Pérez et al., 2011, Vázquez et al., 2014, Erasmus et al., 2015). Actualmente el IMZ es la alternativa más efectiva para el control de *Penicillium* spp., utilizándose en todas las plantas de empaque uruguayas que procesan fruta para exportación. Sin embargo, para mantener un control adecuado del patógeno, las concentraciones utilizadas han aumentado gradualmente desde 500 mg L⁻¹ a 4000 mg L⁻¹ en un período de al menos 15 años.

La podredumbre amarga puede llegar a ser una problemática en ciertas condiciones tales como en fruta sobremadura, desverdizada o expuesta a condiciones de temperatura y humedad relativa alta (Pérez, 2017). Guazatina y propiconazol (PZ) son los fungicidas de síntesis utilizado para su control, con una alta eficacia. Sin embargo, existen restricciones comerciales para su uso y, por otra parte, el uso continuo de un mismo principio activo en forma prolongada puede generar la proliferación de cepas resistentes y la pérdida de efectividad (Pérez et al., 2019). Los fungicidas IMZ, PIR y OPP no son efectivos para controlar este patógeno (Soto-Muñoz et al., 2020).

El control de patógenos basado en el uso exclusivo de fungicidas de síntesis genera problemas importantes, que atentan contra la salud humana y la contaminación ambiental debido a los residuos químicos, y existen cada vez más restricciones desde el punto de vista legal y comercial para su utilización (Palou, 2018). Los principales destinos de exportación de fruta fresca es-

tablecen un nivel máximo de residuos de plaguicidas denominado comúnmente límites máximos de residuos (LMR), o restringen los mismos a niveles de trazas (menores a 0,01 ppm; FAO y OMS, 2007). Además, existen mercados particulares aún más restrictivos en los LMR o en el número de principios activos totales (Bentancur, M., com pers).

Con el propósito de mejorar la eficacia en el manejo de los patógenos de postcosecha, con un enfoque centrado en *Penicillium digitatum*, y considerando la situación particular de cada empresa, se plantearon

diferentes estudios: 1) Diagnóstico y optimización de los diferentes puntos de aplicación fungicida, tanto en drencher como en la línea de empaque; 2) monitoreo de la contaminación y desinfección, realizando un seguimiento de cepas resistentes a los fungicidas de síntesis; 3) monitoreo de la desinfección del agua de la balsas de volcado con hipoclorito de sodio 4) Evaluación de la eficacia de nuevos productos a base de sorbato de potasio en el control de las podredumbres verde y amarga a escala semi comercial.

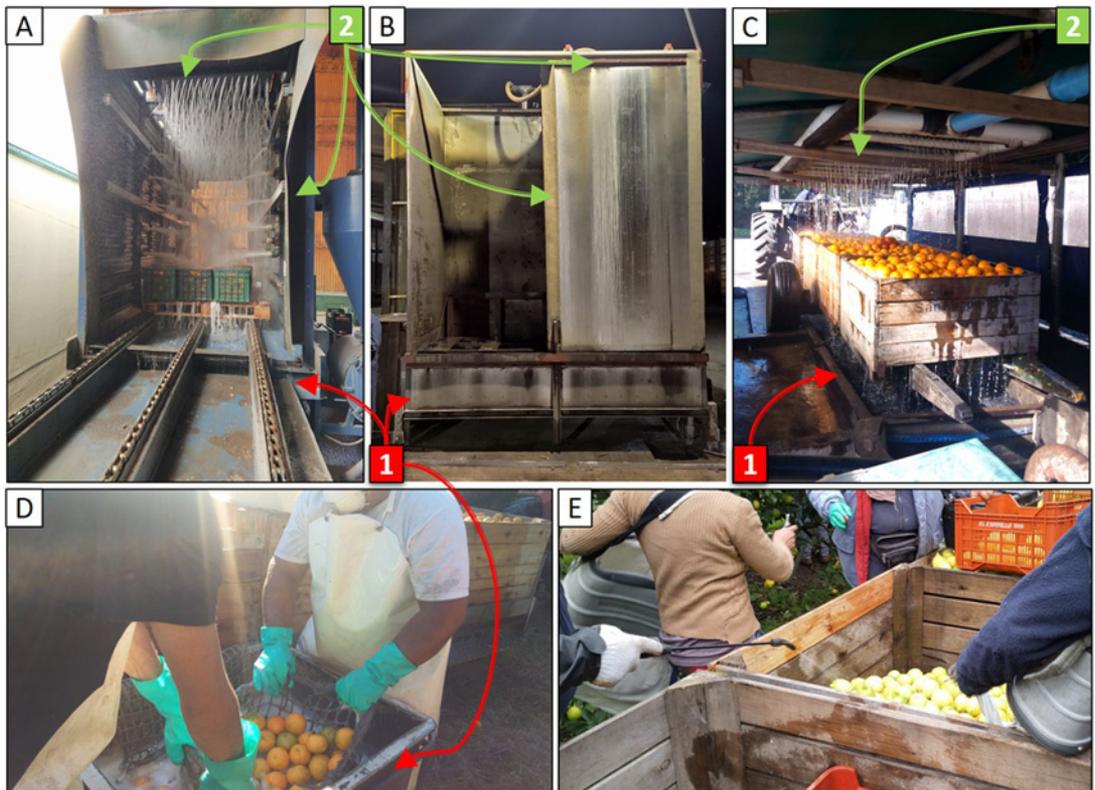


Figura 3. Tipos de drencher más comunes utilizados en las diferentes empresas. Drenchers verticales de cadenas (A) o de ropero (B), y drencher horizontal de fosa (C). Aplicaciones concretas de tratamiento manual con mochila de fumigación (D) o baño mediante inmersión manual (E). Con las flechas rojas se indican los depósitos de caldo (1), mientras que con flechas verdes se indican dónde están colocadas las boquillas de aplicación de tratamiento (2).

1. EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LOS DIFERENTES PUNTOS DE APLICACIÓN FUNGICIDA

Introducción

El proceso de control de patógenos de postcosecha de la fruta cítrica se realiza en tres etapas: drenchado, línea de empaque y encerado.

El primer baño con fungicida (drenchado) es un tratamiento que se realiza no más allá de las 24 h posteriores a la cosecha, con el propósito de prevenir infecciones irreversibles (Plaza et al., 2003). Para ello se utilizan diferentes tipos de equipos denominados genéricamente «drencher»; pueden ser tanto verticales, comúnmente llamados de ropero o de cadenas, como horizontales llamados de fosa (Figura 3). Los drencher pueden encontrarse en el campo o en la planta de empaque. En todos los casos, se prepara un caldo inicial que varía en el tipo y la concentración de fungicida utilizado (Cuadro 2), así como en el volumen preparado en fun-

ción de la cosecha diaria, llegando, en picos de producción, a preparar 3200 L de caldo para tratar 200 ton aproximadamente. A medida que se va bañando fruta, el caldo acumula materia orgánica y si es necesario, se realizan reposiciones del mismo. La fruta se baña en bines de madera que se colocan en diferentes posiciones según el tipo de drencher. En casos concretos, este primer tratamiento puede ser realizado de forma manual, inmediatamente después de la cosecha, mediante inmersión o con aplicación con mochila de fumigación. En algunas empresas se omite el tratamiento en drencher siempre que la fruta se procese en línea de preselección con tratamiento fungicida o fungistático antes de las 24 h de cosechada.

En la línea de empaque, los puntos de aplicación fungicida son la cortina de espuma, las aplicaciones en medio acuoso en spray o cascada y la aplicación en conjunto

Cuadro 2. Detalle de las tecnologías de aplicación, productos fungicidas y concentración utilizada por las empresas tanto en el drencher como en la línea de empaque en el año 2017, momento del inicio del proyecto.

Empresa	Punto de aplicación					
	Drencher*		Cortina de espuma	Apli. en medio acuoso		Cera
	Tipo	Fungicidas	Fungicida	Tipo	Fungicida	Fungicida
1	Manual (inmersión)	1200 ppm PIR 600 ppm PZ	SOPP 5-10%	Spray	1200 ppm PZ 2000 ppm IMZ 1000 ppm PIR	3000 ppm IMZ
2	Cadenas	750 ppm PZ 1000 ppm PIR	SOPP 5-10%	Cascada	1000 ppm IMZ 750 ppm PZ	1000 ppm IMZ
3	Cadenas	1000 ppm PZ 1000 ppm PIR	SOPP 5-10%	Spray	1500 ppm IMZ	2500 ppm IMZ
4	Ropero y Fosa	1000 ppm PZ 1000 ppm OPP	SOPP 5-10%	Spray	1000 ppm IMZ 1000 ppm PZ	3500 ppm IMZ 3000 ppm PIR
5	Ropero, Fosa y manual con mochila	1000 ppm OPP Limones 520 ppm PIR mandarinas	-	Spray	1500 ppm IMZ	2500 ppm IMZ
6	Ropero	1000 ppm OPP 1000 ppm IMZ	SOPP 5-10%	Spray	1000 ppm PIR	2500 ppm IMZ

*En todas las empresas se aplica 2,4-D (excepto para fruta con destino a Brasil) y su concentración varía en función de la variedad y la aplicación del proceso de desverdizado.

con la cera. En la cortina de espuma se utiliza una variante del OPP, el ortofenilfenato de sodio (SOPP), que tiene una acción cicatrizante de heridas. Debido a su alto pH, este producto provoca quemaduras por fitotoxicidad en los frutos por lo que debe recibir un enjuague posterior inmediato. La concentración utilizada generalmente varía entre el 5 y el 10% (Cuadro 2) dependiendo de la sensibilidad de la variedad trabajada.

La aplicación central de fungicida en la línea de empaque se realiza en medio acuoso. Esta puede ser mediante aspersión en spray, en cascada, o mediante inmersión en balsa. Al comienzo del presente proyecto, una sola empresa realizaba aplicaciones en cascada mientras que el resto aplicaba en spray (Cuadro 2), a pesar de existir antecedentes nacionales que indicaran la mayor eficacia de la primera forma de aplicación (Lado et al., 2015). La segunda aplicación de fungicida en la línea de empaque se realiza junto con la cera, utilizando generalmente IMZ (Cuadro 2). Esta aplicación tiene por objetivo realizar un control preventivo de la podredumbre verde, así como inhibir su esporulación para evitar futuras reinfecciones (Njombolwana et al. 2013).

Materiales y métodos

En todas las empresas se evaluó la efectividad de los puntos de aplicación fungicida con el objetivo de determinar su eficacia en el control de la podredumbre verde, así como proponer cambios y o mejoras para su optimización.

La eficacia de los tratamientos realizados se evaluó en forma individual en cada punto de aplicación, y en forma conjunta, tanto en drencher como en línea de empaque (cortina de espuma, spray, cascada, cera). Para su evaluación se utilizó una metodología común para todas las empresas. Se utilizó fruta de diferentes variedades cítricas sin tratamientos fungicidas. Se realizó un diseño completamente al azar con 3 repeticiones de 20 frutos cada una para cada tratamiento, momento o posición evaluada. La fruta se inoculó con un punzón de 1 mm

de profundidad y 2 mm de diámetro previamente sumergido en una solución de esporas del patógeno, realizando una inoculación por fruto en la zona más sensible (entre zona ecuatorial y estilar del fruto). Se utilizó una cepa de *Penicillium digitatum* de la colección de hongos del laboratorio de fitopatología de INIA_SG sensible a IMZ (C-22), a una concentración de entre 1×10^5 y 1×10^6 esporas por mL de agua. Luego de la inoculación, la fruta permaneció a temperatura ambiente por un período de entre 18 y 24 h hasta la realización de los tratamientos, tiempo necesario para que ocurra la incubación del hongo, pero no para que comience el período de infección (Eckert y Brown, 1986). Luego de la aplicación de los tratamientos, la fruta se almacenó a 20 °C por un período de 7 d, de forma de favorecer la infección y el crecimiento del hongo. Pasado ese tiempo, se evaluó la incidencia de frutos podridos. La eficacia de los tratamientos se comparó con un control en las mismas condiciones, pero sin el tratamiento fungicida. El análisis estadístico se realizó mediante la metodología de modelos lineales generalizados mixtos (MLGM) y la prueba de separación de medias por medio de la metodología DGC (Prueba de Di Renzo, Guzmán y Casanoves; Balsarini et al., 2008). Se utilizó el programa Infostat versión 2018 (Di Renzo et al., 2018).

La estrategia fungicida inicial evaluada en cada punto de aplicación se detalla en el Cuadro 2. En el transcurso del proyecto se realizaron ajustes y modificaciones en la misma, evaluando nuevamente la eficacia. En los tratamientos en drencher se registró el tiempo de baño, el cual oscilaba entre 30 y 60 s. El mismo se modificó en casos concretos para optimizar el control de podridos y la velocidad de trabajo. También se registró el número y tipo de boquillas en los drenchers horizontales. En todos los tipos de drencher se evaluó el control logrado en diferentes zonas de aplicación: la zona superior e inferior (verticales) o central y extrema (horizontales), analizando la homogeneidad de la misma. Como el caldo de tratamiento se reutiliza durante varias horas en

el día, también se evaluó la eficacia del tratamiento a lo largo de la jornada de trabajo, determinando si existen pérdidas de eficacia.

En los tratamientos en línea de empaque se registró el número y tipo de boquillas, así como el caudal empleado (tratamientos en spray y cera), el cual varía en función de la variedad tratada y de la velocidad de la línea: para naranjas y limones se trabaja en promedio 10-14 ton/h y para mandarinas 8-10 ton/h.

Resultados y discusión

La eficacia de los tratamientos realizados en drencher dependió de los fungicidas utilizados. Tratamientos con IMZ y/o PIR resultaron ser completamente eficaces con controles de hasta el 100% de la podredumbre verde en condiciones óptimas de aplicación. Los tratamientos con OPP tuvieron una eficacia de hasta el 50% respecto al control sin tratar, lo que llevó a cambios en

la estrategia fungicida, eliminando este fungicida o combinándolo con otro más efectivo.

El tiempo de baño no influyó en el resultado comparando tratamientos de 30 y 60 s. Tampoco influyó en los residuos sobre la fruta. Con tiempos menores la eficacia del tratamiento disminuye significativamente, mientras que tiempos mayores no son viables, en función de la velocidad de trabajo requerida en las empresas.

Se detectó falta de homogeneidad en la aplicación entre los bins que se bañan a la misma vez, con pérdidas de hasta un 30% de efectividad en la fruta tratada en la zona inferior o extrema (Figura 4 A y B). Para homogeneizar el tratamiento, se propuso la instalación de boquillas laterales en los drenchers verticales (Figura 5A) y el aumento del número de boquillas en los drenchers horizontales. El caudal empleado también se ajustó, incorporándose en algunos casos bombas de mayor porte para aplicar un ma-

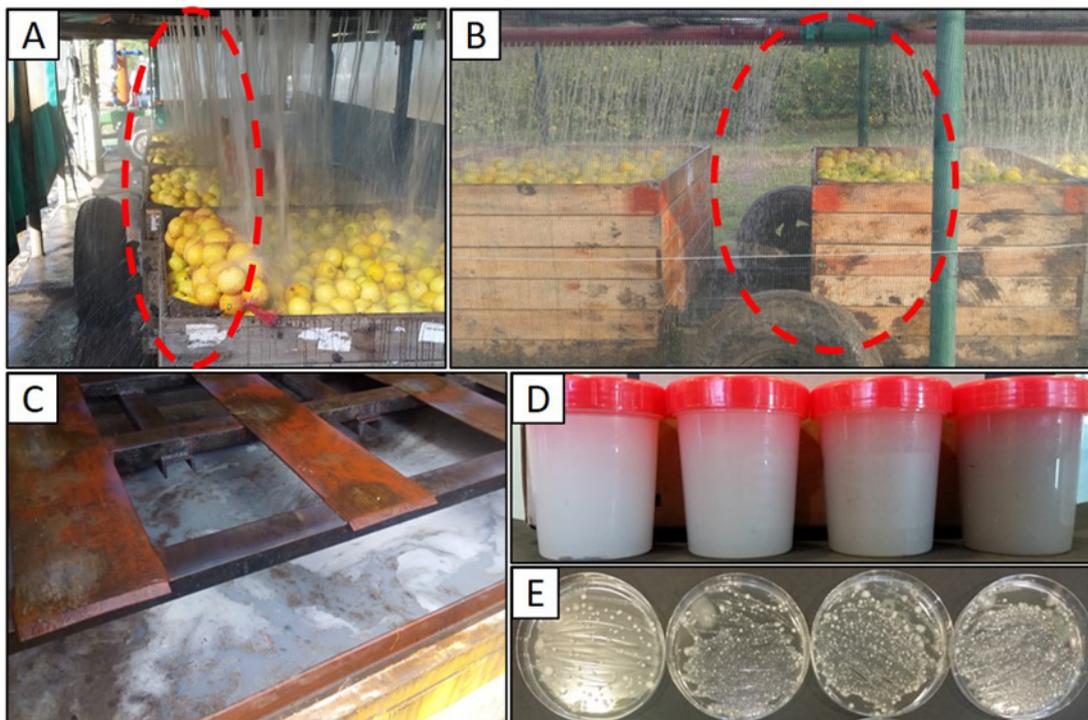


Figura 4. Drencher de fosa en donde se observan limitantes en la eficacia del mojado (A y B; círculos rojos), acumulación de suciedad en el caldo residual de un drencher de ropero (C), evolución de la contaminación del caldo de un drencher a medida que trata la fruta (D) y plaqueo del caldo en donde se puede observar la presencia de patógenos (E)

yor volumen de agua en el mismo tiempo de baño, y así, brindar una mejor cobertura en las posiciones del drencher de menor acceso.

En cuanto a los tratamientos realizados de forma manual en campo se comprobó que, mediante inmersión, se alcanza un control de la podredumbre verde cercano al 100%. Más allá de su eficacia, el mayor tiempo de trabajo que demanda, no lo hace eficiente para la dinámica actual de la mayoría de las empresas. Las aplicaciones manuales con mochilas de fumigación no fueron eficaces, debido al bajo caudal empleado, así como por la heterogeneidad en la aplicación que depende de la velocidad

del operario. En 4 de las 7 quintas en las que se realizaba este tipo de aplicación se ha concretado la instalación de drenchers de tipo vertical.

La acumulación de materia orgánica en el caldo de drencher (Figura 4C), lleva a que la eficacia del tratamiento disminuya. Como ejemplo, se observaron aumentos en la incidencia de frutos podridos de hasta un 20% luego de tratar 140 bines (47 ton) con el mismo caldo (Figura 6). La pérdida de eficacia se debió principalmente a la reducción de la concentración de los fungicidas utilizados por inactivación con la acumulación de materia orgánica, tanto en caldo como en fruta. Para reducir esta pérdida de efica-



Figura 5. Boquillas laterales instaladas en un drencher de ropero (A), diferentes tipos de filtros utilizados, de grava (B1), de hidrociclón (B2), de mallas (B3), o sistema de filtrado por decantación (C).

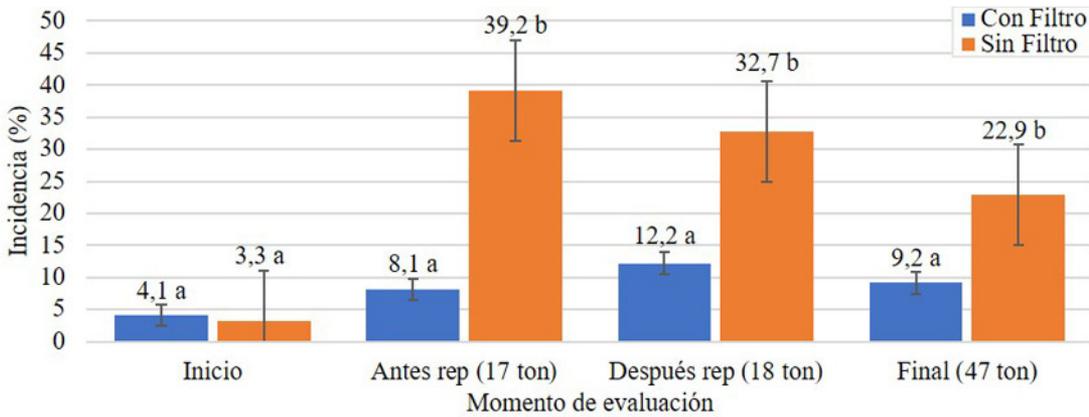


Figura 6. Incidencia de podredumbre verde en mandarina W. Murcott inoculada con *Penicillium digitatum* y tratada con 1000 ppm de OPP + 1000 ppm de PZ en un drencher de fosa con y sin filtro, a lo largo de una jornada completa de trabajo. Medias (\pm Error estándar) con una letra en común no son significativamente diferentes (DGC, $\leq 0,05$)

cia se incorporaron diferentes tipos de filtros (Figura 5: B1, B2, B3, C), capaces de quitar selectivamente la materia orgánica acumulada sin modificar los fungicidas utilizados. Como ejemplo, en la figura 6 se muestra el aumento de la eficacia al incorporar un filtro de tipo compuesto (Figura 5: B1, B2, B3). Como medida complementaria para optimizar el tratamiento, también se redujo el volumen de fruta bañada entre el recambio total de caldo.

En los tratamientos evaluados en la línea de empaque se obtuvieron diversos resultados. La eficacia del SOPP aplicado en la cortina de espuma para el control de podridos fue generalmente baja (Figura 7A). En promedio general de todas las empresas, la aplicación de SOPP al 10% reduce hasta 40% los podridos respecto al control. En casos concretos, se decidió quitarlo de la estrategia fungicida, y así reducir el número total de principios activos, utilizando única-

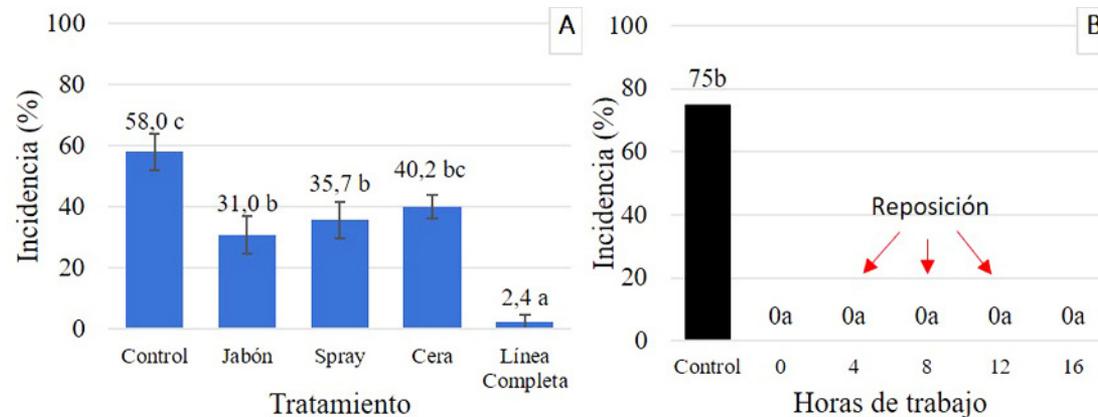


Figura 7. Incidencia de podredumbre verde en naranja Valencia inoculada y tratada en cortina de espuma con 15% de SOPP, en spray con 1000 ppm de IMZ-sulfato, en la cera con 2500 ppm de IMZ-CE y en la línea completa (A) y en naranja Navelina inoculada y tratada en cascada con 1000 ppm de IMZ y 750 ppm de PZ durante diferentes horas de trabajo con caldo recirculante (B). Medias (\pm error estándar) con una letra en común no son significativamente diferentes (DGC, $\leq 0,05$)

mente jabón neutro o detergentes con sorbato de potasio. Por otra parte, el lavado (cepillado) y enjuague que se realiza en este módulo elimina parte de los residuos del tratamiento en drencher disminuyendo el efecto preventivo que este puede tener. Por ello, para reforzar la protección de los frutos, se realizan aplicaciones fungicidas posteriores.

La aplicación en cascada, en la que el caldo es recirculante, demostró un control total de *Penicillium digitatum*, durante las 16 h de trabajo (Figura 7B), ya sea en aplicaciones en línea de preselección con 1000 ppm de PIR + 750 ppm de PZ, como en aplicaciones en línea de empaque con 1000 ppm de IMZ + 750 ppm de PZ (Cuadro 2, empresa 2).

Las aplicaciones en spray (Figura 7A), presentaron resultados variables en cuanto a la efectividad, dependiendo principalmente de:

- **La concentración fungicida:** aumentar la dosis de IMZ de 1000 a 1500 o 2000 ppm, redujo la incidencia de podridos en un 8, 30 y 40% respectivamente
- **El caudal empleado y la eficacia en el mojado:** un aumento de 1 a 2 L/ton en aplicaciones de 1500 ppm de IMZ redujo la incidencia en un 18 y 30% respectivamente
- **La temperatura del caldo fungicida:** aplicaciones de 1500 ppm de IMZ a 48 °C redujeron la incidencia en un 67%.
- **El producto fungicida utilizado:** por ejemplo, tras aplicaciones de 1000 ppm de IMZ se redujo la incidencia en un 8%, con aplicaciones de 1000 ppm de PIR en un 31%, y la combinación de ambos en un 81%
- **La susceptibilidad de la variedad trabajada:** aplicaciones de 1500 ppm de IMZ en mandarinas (Satsuma, Clementinas, Nova y Murcott), naranjas (Fukumoto y Valencia) y limón (Lisbon), redujeron de la incidencia de podridos en un 18, 23 y 40%, respectivamente.

A raíz de estos resultados, dos de las empresas optaron por cambiar el sistema de aplicación e instalar una cascada, mientras que las que no lo hicieron, aumentaron el caudal, el número y modificaron el tipo de boquillas utilizadas en la aplicación por spray. Una de las empresas que continúa utilizando spray, incorporó un sensor previo que permite conocer el volumen de fruta que pasa por la línea y ajustar el volumen aplicado. Con el tratamiento en cascada se logra un mojado completo y homogéneo de la fruta, aunque es necesario un nuevo ajuste que agilice el secado posterior, ya que para realizar un encerado efectivo es fundamental que la fruta se encuentre totalmente seca. La eficacia de este secado depende del largo del trayecto y del número y tipo de rodillos colocados luego de la aplicación, así como de la utilización de ventiladores y de túneles de secado efectivos en la extracción de la humedad.

La aplicación de fungicida en cera (Figura 7A) también mostró resultados variables. En este sentido se midieron reducciones máximas de un 68% con aplicaciones de 3500 ppm de IMZ + 3000 ppm de PIR, mientras que aplicaciones de 1500 y 2500 ppm de IMZ redujeron en un 28 y 40% la incidencia de frutos podridos, respectivamente. Las aplicaciones de cera generalmente se hacen con boquillas (deslizantes o fijas) o con sistemas de rotor, sin observarse claras diferencias en el recubrimiento final de los frutos. Sin embargo, se detectó que las boquillas se tapan muy fácilmente, provocando que la mayoría de las empresas cambien su sistema a uno de rotor. Al demostrar que el control del tratamiento fungicida realizado en cera es menos eficiente que en medio acuoso, algunas empresas optaron por reducir la concentración aplicada en este punto y aumentar la misma en la aplicación en spray o cascada. El efecto antiesporulante del IMZ se logró tanto en aplicaciones acuosas efectivas (con un nivel de residuos en fruta adecuado) como en aplicaciones en cera. Según Pérez et al. (2011), residuos de 0,92 ppm de IMZ encontrados en tratamientos en spray más cera, son suficientes para

inhibir la esporulación en cepas de *P. digitatum* sensibles.

Evaluando todos los tratamientos aplicados en la línea de empaque en su conjunto, se destaca que el control final es sumamente efectivo, con reducciones en la incidencia de podridos mayores al 90%. Estos resultados pueden deberse a la eficacia de un tratamiento puntual, como es el caso de las aplicaciones en cascada (Figura 7B), o a la sumatoria de todos los tratamientos aplicados en forma individual que demuestran tener un efecto sinérgico entre sí (Figura 7A)

En líneas generales para todos los tratamientos aplicados en medio acuoso, se detectaron concentraciones de residuos en caldo menores a las esperadas (cálculo teórico). Las principales causas se atribuyeron a problemas en la preparación (errores de cálculo), errores en el cálculo del volumen del depósito de caldo, agitación inadecuada, pH alto del agua utilizada o problemas de compatibilidad entre fungicidas que provocan precipitación. Se continúa con esta línea de trabajo para optimizar los tratamientos en cada una de las empresas.

2. MONITOREO DE CONTAMINACIÓN, DESINFECCIÓN Y CEPAS RESISTENTES DE *Penicillium* SPP.

Introducción

Los monitoreos de microorganismos que se realizan en las plantas de empaque pueden tener diversos objetivos que definen el procedimiento a realizar. El presente trabajo se realizó para determinar la contaminación ambiental de patógenos de fruta presente en cada planta de empaque, su variación durante toda la zafra de trabajo, así como la identificación de biotipos de *Penicillium* spp. resistentes a los fungicidas de síntesis utilizados. Esta información apoya y guía las decisiones de limpieza y desinfección, así como posibles cambios en la estrategia de control de patógenos en función de la resistencia a los principios activos.

La frecuencia de limpieza y desinfección en la línea de empaque es diaria, mientras que en las cámaras se realiza al comienzo de la zafra y cuando quedan vacías. En la línea de empaque la limpieza inicial se realiza mediante trapeo con agua y detergente, y luego del enjuague, la desinfección, que puede ser mediante trapeo y/o mediante pulverización con mochila manual. En las cámaras se limpian las paredes, el piso y el equipo de refrigeración con agua a presión y detergente, se enjuaga y se aplica un desinfectante mediante pulverización con mochila manual. La desinfección de bins puede realizarse en drencher al final de la jornada, en

equipos instalados en línea, mediante pulverización automática, o de forma manual con mochila. En todos los casos se utilizan diferentes tipos de desinfectantes: hipoclorito de sodio, amonios cuaternarios, ácido peracético, glutaraldehído + formaldehído.

Materiales y métodos

La evaluación de la contaminación aérea se realizó utilizando placas de Petri de 90 mm de diámetro. En cada planta de empaque se monitorearon los siguientes puntos:

- Zona sucia, donde se realiza el volcado de la fruta.
- Zona limpia, donde se encuentran las mesas finales de clasificación y empaque.
- Cámaras de desverdizado y de frío.

La evaluación de la contaminación superficial, así como de la desinfección se realizó con placas de contacto «Rodac». Los puntos evaluados con este método fueron:

- Cintas, rodillos y mesas finales de las líneas de empaque.
- Bins de madera, paredes y fondo del interior.

En todas las evaluaciones, las placas contenían medio de cultivo de papa dextro-

sa agar (PDA) genérico para hongos. Para la identificación de cepas resistentes (que se realizó únicamente en el monitoreo de la contaminación aérea), se agregó en el medio de cultivo genérico, 1 ppm de IMZ o 1 ppm de PIR. La concentración de IMZ utilizada es la recomendada por Pérez et al. (2011), mientras que la concentración de PIR se determinó en trabajos realizados en el laboratorio de INIA_SG en el marco del proyecto (datos no publicados).

La frecuencia de monitoreo ambiental inicial fue mensual, mientras que la eficacia de la desinfección se evaluó una o dos veces por zafra. En todos los casos se utilizaron 3 placas por zona muestreada las cuales permanecieron, en el caso del monitoreo ambiental, abiertas durante 1-3 minutos en las zonas sucias y 3 minutos en las zonas limpias. Luego de la realización de los diferentes tipos de monitoreos, las placas utiliza-

das se almacenaron por 5-7 días en estufa de incubación a 25 °C o a temperatura ambiente. En este momento se realizó la evaluación, contabilizando el número total de unidades formadoras de colonias (UFC) de cada patógeno de cítrico evaluado, expresando el resultado en UFC promedio por placa y por minuto, así como el porcentaje de UFC resistentes a los fungicidas evaluados.

Para la identificación de patógenos resistentes, causantes de podredumbre en frutos de contramuestras o provenientes de campo, los mismos fueron aislados, apoyando sobre la zona de la fruta donde el patógeno estaba presente, un hisopo estéril y transfiriendo el contenido a una placa de Petri con medio PDA, con PDA más IMZ y con PDA más PIR. Los podridos en frutos se evaluaron en cada visita realizada a las plantas de empaque, o cada vez que el personal

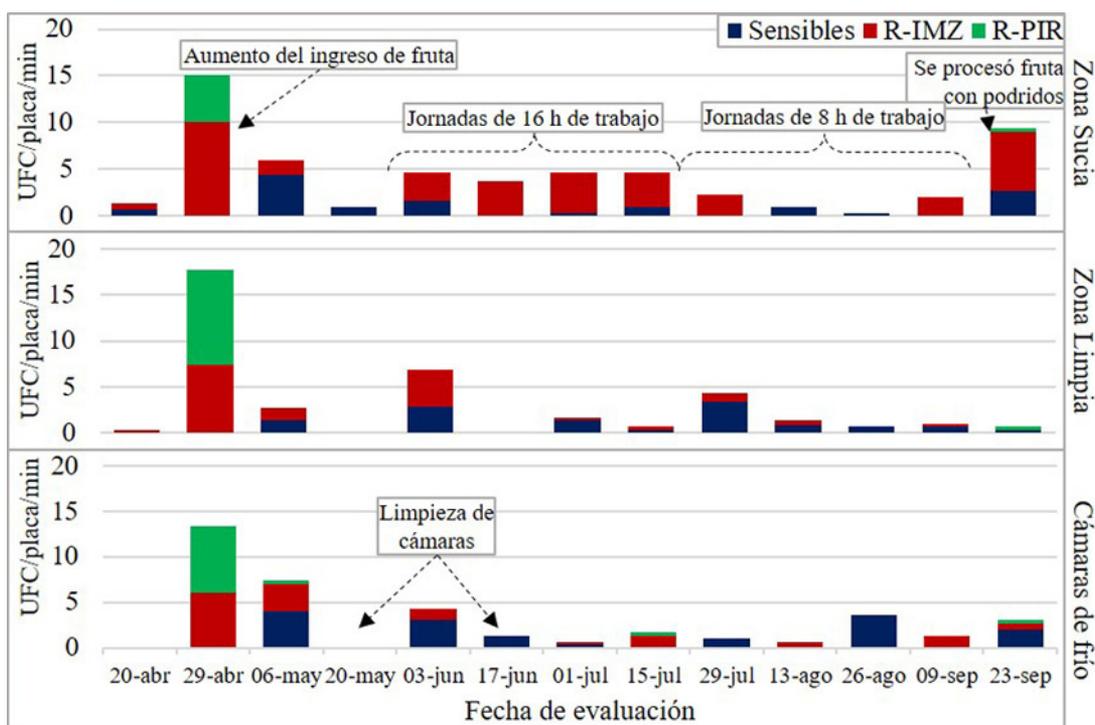


Figura 8. Ejemplo de los datos de monitoreo ambiental realizado en una planta de empaque durante una zafra completa de trabajo. En cada fecha de evaluación se observa el número total de cepas (suma de *P. digitatum* y *P. ulaiense*) y la frecuencia de aparición de cepas sensibles (azul) y cepas resistentes a IMZ (rojo) y PIR (verde). También se mencionan las posibles causas del aumento o la reducción del número de esporas contabilizadas. Nota: esta empresa utiliza propiconazol en drencher, imazalil en spray y cera, y pirimetanil en cera.

de las plantas de empaque los identificaba. Cuando existieron problemas puntuales con fruta podrida y no se logró reconocer exactamente el patógeno, se enviaron las muestras al laboratorio de fitopatología de INIA_SG en donde el técnico referente del proyecto en conjunto con los técnicos de INIA especializados en la temática, los identificaron.

Resultados y discusión

La presencia de patógenos de cítricos fue mayor en las cámaras de desverdizado y en las zonas de volcado (zonas sucias), sin embargo, la frecuencia de aparición de cepas resistentes a los fungicidas evaluados fue mayor en las zonas limpias y en las cámaras de frío. Los niveles de contaminación dependieron en gran medida de la variedad trabajada y de las condiciones en las que éstas vienen de campo (carga de patógenos variable), la duración de la jornada y el volumen de fruta trabajado, así como de la efectividad en la limpieza y desinfección (Figura 8).

Los principales hongos detectados en los monitoreos aéreos fueron *Penicillium digitatum* y *Penicillium ulaiense*. La presencia de *Penicillium italicum* fue esporádica. En tanto, *Geotrichum citri aurantii*, causante de la podredumbre amarga, se lo identificó en frutos podridos de contramuestras.

La frecuencia de aparición de cepas resistentes, tanto en monitoreos ambientales como en frutos podridos, dependió del lugar

donde se utilizan los fungicidas, ya que en aquellas empresas que utilizan IMZ y PZ (resistencia cruzada con IMZ, McKay et al. 2012) o PIR en drencher, se observó mayor frecuencia de cepas resistentes en cámaras de desverdizado o en zonas de volcado que en aquellas que no los aplican en este punto.

Se determinó que los diferentes productos utilizados para la desinfección son eficaces, mientras que la eficiencia final depende del método empleado, siendo efectivo el trapeo y la pulverización para la desinfección de la línea de empaque y cámaras, pero no la pulverización o el baño en drencher para la desinfección de los bins de madera.

Durante el transcurso del proyecto se capacitó al personal de cada empresa para la realización de los monitoreos, incluyendo el reconocimiento en las placas de monitoreo de los principales patógenos de postcosecha. Como consecuencia, en algunos empaques se aumentó la frecuencia de monitoreo, llegando a realizarse incluso de forma semanal. Contar con mayor frecuencia de monitoreos y resultados más rápidos permitió tomar decisiones rápidamente cuando se observó un incremento en la contaminación. Toda la información recabada permitió obtener datos *in situ* en cada empresa de la carga de patógenos existente durante la zafra completa, tomando estos datos como referencia para futuras evaluaciones.

3. SEGUIMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO EN LAS BALSAS DE VOLCADO Y EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN CON PATÓGENOS DE CÍTRICOS

Introducción

En todas las plantas de empaque la fruta se vuelca inicialmente en una balsa con agua e hipoclorito de sodio para cumplir con los requerimientos establecidos en el protocolo de exportación de fruta a Estados Unidos y a la Unión Europea. Estos protocolos establecen que la fruta se debe mojar abundantemente con una solución de 200 ppm de hipoclorito de sodio, manteniendo el pH de la solución entre 6,0 y 7,5 durante por lo menos 2 minutos (MGAP, 2017). Las evaluaciones realizadas validaron la correcta aplicación del tratamiento requerido, midiendo la concentración de cloro libre y el pH del agua, además de identificar la presencia o no de hongos patógenos de frutos cítricos.

El agua de las balsas generalmente se cambia una vez por día, aunque en algunas empresas la frecuencia de cambio es mayor (cada 4 u 8 horas). A lo largo de la jornada se realizan reposiciones de hipoclorito de sodio manuales en función del monitoreo de su concentración, o automáticas con un sistema dosificador en función de la pérdida promedio calculada previamente.

Materiales y métodos

Durante los primeros dos años de trabajo se realizaron monitoreos de todas las balsas presentes en las diferentes plantas de empaque. Estas se evaluaron durante el tiempo máximo en el cual se mantiene el agua en la balsa.

En diferentes momentos a lo largo de la jornada de trabajo se midió la concentración de cloro libre con el medidor de cloro libre HANNA HI 701, se evaluó el pH del agua con el pH-metro de bolsillo HANNA HI 98107. A su vez, para evaluar la efectividad, se tomaron muestras de 50 mL de agua que fueron analizadas en laboratorio. La acción del cloro fue inhibida en el momento que se tomó la muestra, colocando 50 mg de tiosulfato sódico pentahidratado en los tubos de reco-

lección. Cada muestra fue sembrada en placas con PDA (3 placas por muestra) a razón de 100 μ L por placa. Las placas se incubaron por 5-7 días a 25 °C y luego se realizó el recuento de microorganismos totales (hongos y bacterias).

Resultados y discusión

Los niveles de cloro libre analizados en general rondaron las 200 ppm y se mantuvieron en el tiempo mediante la reposición del producto. En casos puntuales, se elevaron a valores cercanos a 500 ppm. El agua de las balsas tiene un pH promedio de 7,5 aunque puede superar el nivel de 8,0 por lo que es necesario acidificar, utilizando principalmente ácido clorhídrico. En la mayoría de las balsas la fruta se vuelca sin que el bin toque el agua (Figura 9A), ayudando a disminuir la contaminación y suciedad del caldo. Existen sistemas en donde el bin se sumerge para evitar golpes de impacto en la fruta (Figura 9B).

Se demostró que el agua de las balsas se mantiene libre de hongos patógenos durante toda la jornada de trabajo, por lo que los niveles de hipoclorito de sodio utilizados son efectivos para realizar una correcta desinfección del agua, siendo en algunos casos innecesario un recambio total tan frecuente (Figura 9C). La acción desinfectante del hipoclorito de sodio es fundamental en este punto, evitando que el agua de las balsas se transforme en una potencial fuente de inóculo de los frutos. Esto se determinó al compararlo con la contaminación observada en una balsa de preselección con agua sin desinfectante (Figura 9D).

Dada la comprobación *in situ* del correcto manejo del hipoclorito de sodio en las balsas de volcado, no se realizaron ni propusieron modificaciones. El personal de cada empresa realiza los monitoreos de la concentración de cloro, así como del pH del agua. A raíz de los resultados, se incorporó hipoclorito de sodio en las balsas de las líneas de preselección.

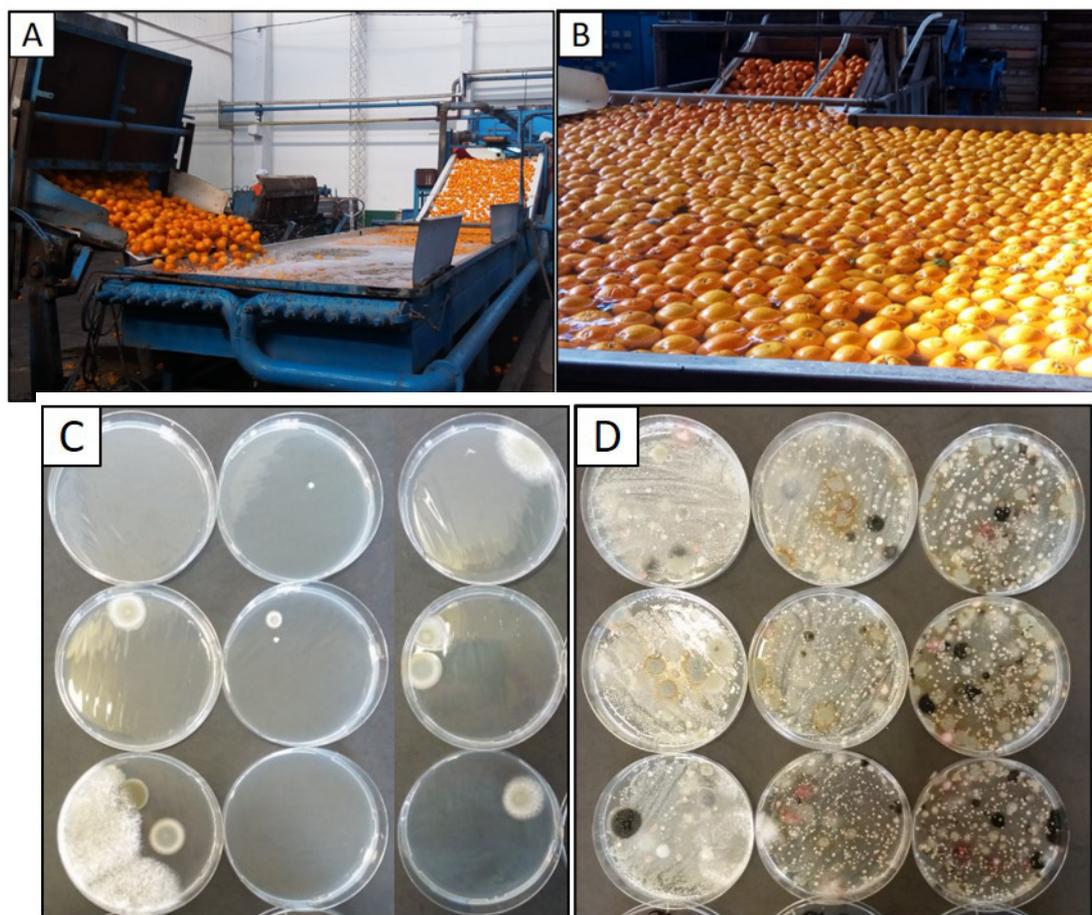


Figura 9. Balsa en la que el bin de fruta se vuelca sin tocar el agua (A) y en donde se sumerge completamente (B), monitoreo de la contaminación del agua de una balsa con y sin hipoclorito de sodio (C y D) en donde se observa la diferencia en la contaminación.

4. LIMPIEZA DE DRENCHER Y BINES PARA ELIMINAR TRAZAS DE PROPICONAZOL

Introducción

La materia activa con acción fungicida propiconazol (PZ) ha sido ampliamente utilizada por todas las empresas exportadoras de cítricos, principalmente como estrategia de control de *G. citri aurantii*, causante de la podredumbre amarga de los cítricos (Pérez-Faggiani, 2017). En los últimos años la Unión Europea (UE) restringió el uso de este fungicida, prohibiendo inicialmente su uso en los países miembros, y, otorgando un período de gracia a los países externos que exportan fruta a ese destino (European Commission, Directorate-General for Health

and Food Safety, 2018). Recientemente, la comisión europea publicó un nuevo reglamento en donde se modifica el límite máximo de residuos (LMR) de PZ en frutos cítricos y se establece en 0,01 ppm (European Commission, Directorate-General for Health and Food Safety, 2021), lo que vuelve imposible su aplicación comercial.

La mayoría de las empresas citrícolas utilizan la misma línea de empaque y/o los mismos bins de madera para diferentes mercados objetivo. Por lo tanto, previo al establecimiento del nuevo LMR, se eliminó el uso de PZ, al menos, en el drencher y la

Cuadro 3. Trazas de PZ (ppm) detectados en frutos y caldos en: drencher con agua sobre pallet sin uso; drencher luego de haber bañado 30 bines de madera usados; línea completa sin el tratamiento en drencher. Las muestras de caldo se tomaron de la ducha del drencher en cada caso y de la cascada.

Tratamiento	Naranja Valencia	Tangor W. Murcott	Caldo
Drencher Agua	0,044*	0,038	12,1
Drencher Agua + bines de madera	0,080	0,077	11,1
Línea completa (Sin drencher)	0,070	0,061	6,1

*Análisis realizado mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS)

línea donde se procesa fruta para la UE, diferenciando los bines utilizados específicamente para esta vía. Esta eliminación no fue suficiente, ya que permanecen restos del principio activo en las paredes, superficies y cañerías de los distintos equipos, así como en los bines de madera. Estos últimos, al entrar en contacto con los caldos de tratamiento favorecen la presencia de trazas de este principio activo en la fruta, llevando a la detección de niveles mayores a los permitidos por la UE. Como ejemplo de ello, se presentan los residuos de PZ obtenidos a partir del drencher, los bines de madera y la línea de empaque, tanto en caldo como en frutas, siendo estos siempre mayores a los niveles de trazas permitidos (Cuadro 3).

La limpieza y eliminación de trazas del drencher o de la línea de empaque es viable en el corto plazo, aunque se requiere una adaptación y validación de los diferentes productos comerciales que se encuentran disponibles en el mercado. Sin embargo, la limpieza de los bines de madera no es tan sencilla, ya que estos han absorbido el fungicida en cada tratamiento realizado con PZ.

En cada tratamiento de drencher sin PZ, cuando el bin de madera entra en contacto con el caldo de tratamiento, parte de los residuos que este tiene los difunde por diferencia de gradiente. Esta difusión se puede acelerar si se realiza un baño de bines con un pH más ácido, siendo el óptimo de pH entre 2 y 3. Para bajar el pH del agua se pueden utilizar diferentes ácidos como el

sulfúrico o el fosfórico. Teniendo en cuenta que este tratamiento es puntual, no reviste grandes inconvenientes respecto a la corrosión que pueda ocasionar. Para favorecer la difusión del PZ al caldo, se pueden utilizar agentes dispersantes, que solubilicen la materia activa de la madera del bin. Por último, es necesaria la destrucción del PZ que se difundió al caldo, ya que de lo contrario su acumulación puede provocar la contaminación de los mismos bines luego de un tratamiento prolongado de limpieza. La destrucción del PZ se realiza con agentes oxidantes, siendo los más comunes el peróxido de hidrógeno o el hipoclorito de sodio. Este último es más corrosivo (Castiglioni, M., com pers).

El objetivo del siguiente trabajo fue ajustar una metodología para la limpieza de bines en drencher, y luego aplicarla en forma comercial, determinando si una única limpieza es suficiente para eliminar completamente los restos de PZ. Todos los ensayos se realizaron en la misma empresa y en el mismo drencher.

Primera evaluación

Materiales y métodos

En un drencher comercial se realizaron 4 tratamientos con recambio total de agua y enjuague entre los mismos. En cada tratamiento se utilizaron 32 bines vacíos (4 tandas de 8 bines), excepto para el tratamiento 1 que fue sin bines. Al final de cada tratamiento se tomó una muestra de caldo.

- **Tratamiento 1.** Se cargó el drencher con 400 L de agua y se agitó 10 veces.
- **Tratamiento 2.** Se cargó el drencher con 400 L de agua y se bañaron los bins.
- **Tratamiento 3.** Se cargó el drencher con 300 L de agua, se colocaron 168 mL de ácido sulfúrico diluido en agua (42 mL/100 L), 240 g de surfactante (Enzurlan TSP20-C, 60 g/100 L), se completaron los 400 L y se bañaron los bins.
- **Tratamiento 4.** Se cargó el drencher con 300 L de agua, se colocaron 168 mL de ácido sulfúrico, 240 g de surfactante y 1% de peróxido de hidrógeno (Amodet Oxa PH 2L/100 L). Se bañaron los mismos bins utilizados en el tratamiento 2.

Para determinar si existe difusión del PZ desde el interior de la madera del bin hacia el caldo en diferentes baños de drencher, se realizaron 2 tratamientos. Al final de los mismos, se tomó una muestra de caldo.

- **Tratamiento 5.** Se bañaron 4 bins en drencher con 200 L de agua.
- **Tratamiento 6.** Se dejaron secar los bins del tratamiento 5, se volvieron a bañar con 200 L de agua, se dejaron secar nuevamente y se volvieron a bañar con 200 L de agua.

Para evaluar el contenido de PZ que puede almacenar la madera se planteó otro ensayo: se utilizaron 2 tablas del fondo y 2 tablas de los laterales de un bin (0,014 m³ de madera) y se sumergieron en 40 litros de agua. Se tomaron muestra de caldo luego de diferentes horas.

- **Tratamiento 7.** Inmersión durante 3 horas
- **Tratamiento 8.** Inmersión durante 6 horas

Las muestras de caldo se analizaron mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

Resultados

Al agitar agua en el drencher (Tratamiento 1), se comprobó que el mismo es capaz

de aportar PZ al caldo. Al bañar bins en el tratamiento 2, la concentración de PZ analizada fue mayor, asumiendo que este aumento corresponde al aporte de los propios bins. El agregado de ácido sulfúrico y surfactante en el tratamiento 3, bajó el pH a 2,3, sin embargo, no se observó un aumento de la extracción de PZ. El agregado de peróxido de hidrógeno a la solución en el tratamiento 4, fue eficaz en destruir las moléculas de PZ, sin detectarse en el análisis de residuos del caldo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Concentración de propiconazol (ppm) en agua analizado luego de 10 agitaciones en drencher (1); de bañar 32 bins de madera (2); de agregar ácido sulfúrico + surfactante y bañar 32 bins (3), y de agregar ácido sulfúrico + surfactante + peróxido de hidrógeno y bañar 32 bins (4).

Tratamiento	Propiconazol (ppm)*
1	22,0
2	36,5
3	18,7
4	ND

*Análisis realizado mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

En el siguiente ensayo, se detectó PZ tanto en el tratamiento 5 como en el 6. Esto nos indica que hubo una difusión inicial (tratamiento 5), pero luego de sucesivos baños, los bins continúan aportando PZ en cantidades similares (tratamiento 6, Cuadro 5). Estos resultados indican que un único lavado no es suficiente para eliminar la totalidad de PZ del interior del bin. Con los sucesivos

Cuadro 5. Concentración de propiconazol en agua (ppm) analizada luego de bañar 4 bins (5) y luego de que estos se enjuagaran y se dejaron secar dos veces (6).

Tratamiento	Propiconazol (ppm)*
5	7,1
6	6,1

*Análisis realizado mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

Cuadro 6. Trazas de propiconazol en agua (ppm) analizados luego de sumergir 4 maderas de un bin en 40 litros de agua por 3 y 6 horas (tratamientos 7 y 8 respectivamente).

Tratamiento	Propiconazol (ppm)*
7	5,3
8	7,4

*Análisis realizado mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

baños que se les realiza a los bins comercialmente, se va difundiendo PZ al caldo, esperando que su aporte sea cada vez menor, sin embargo, el tiempo para que estos dejen de aportar PZ en cantidades significativas puede ser muy largo sin una limpieza específica.

En el último ensayo, la concentración de PZ aumentó a medida que pasó el tiempo, comprobándose que la difusión de PZ desde la madera al caldo es constante en un medio líquido (Cuadro 6). Realizando un tratamiento específico, es posible acelerar esta difusión, y, por lo tanto, eliminar el mayor contenido de PZ de los bins en menor tiempo.

Segunda evaluación

Materiales y métodos

Esta evaluación se realizó en el mismo drencher, buscando validar en forma comercial la estrategia aplicada en la primera parte. Para ello se prepararon 700 L de caldo con ácido sulfúrico (83 mL/100 L), surfactante (Enzurlan TSP20-C, 60 mL/100 L) y 1% de peróxido de hidrógeno (Amodet oxa PH 2 L/100 L). Previo al inicio del lavado de bins se hizo recircular el caldo 10 veces. En total se bañaron 160 bins de madera usados.

Al inicio y luego de haber bañado 40, 80, 120 y 160 bins se tomó una muestra de caldo para medir su pH y la concentración de peróxido de hidrógeno. A la muestra tomada luego de bañar 40 y 120 bins se le agregó tiosulfato sódico pentahidratado (53 g/100 mL) para inhibir la acción del peróxido de hidrógeno y se le analizó la concentración de PZ.

Los 160 bins tratados inicialmente se marcaron y se dejaron secar por una semana. Se seleccionó un lote de 32 bins bañados al inicio y un lote con 32 bins bañados al final del tratamiento inicial. Como punto de comparación se bañó un lote de 32 bins que no había recibido tratamiento previo. Cada lote se bañó en drencher con 400 L de agua, cargando agua nueva y recirculándola previamente 10 veces en cada caso. Se tomó una muestra de caldo previa y posterior al lavado de cada lote para analizar la concentración de PZ.

Las muestras de caldo se analizaron mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS)

Resultados

Con el volumen de ácido sulfúrico aplicado en la primera evaluación se llegó al pH objetivo de entre 2 y 3, sin embargo, a medida que se fueron tratando bins, el pH fue aumentando, llegando a 5,2 al final del tratamiento (Cuadro 7).

Del 1% de peróxido de hidrógeno aplicado teóricamente, se detectó al inicio 0,76%. Esta concentración se mantuvo luego de 40 y 80 bins, con una pérdida en relación al inicio del 6% y del 17% respectivamente. Luego de bañar 120 bins se observó una reducción significativa, la cual fue similar al final del tratamiento (60% de disminución en promedio, Cuadro 7).

Estos resultados demuestran que a medida que se van bañando bins y el caldo se va ensuciando, disminuye la concentración

Cuadro 7. pH del caldo y concentración de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) evaluado en diferentes momentos del tratamiento.

Bins bañados	pH caldo	$[H_2O_2]$ %
0	2,6	0,76
40	3,6	0,71
80	4,7	0,63
120	4,9	0,29
160	5,2	0,32

Cuadro 8. Concentración de propiconazol (ppm) detectada en el baño de 40 y 120 bins con 700 L de agua + ácido sulfúrico + surfactante + peróxido de hidrógeno, y en el baño de 30 bins con 400 L de agua. En la última columna se detalla la concentración de PZ estandarizada para cada lote de bins.

Nº bins	Volumen de caldo (L)	Tratamiento	[PZ] (ppm)*	[PZ] por bin/L (ppm)
40	700	Ác. sulfúrico + surfactante + H ₂ O ₂	1,03	18,02
120	700		1,03	6,01
32	400	Agua	9,3	116,25

*Análisis realizado mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS).

de ácido (aumento de pH) y de peróxido de hidrógeno, por lo que es necesario monitorear el pH y la concentración de peróxido de hidrógeno, y realizar reposiciones si se quieren mantener los valores iniciales.

Luego de 40 y 120 bins bañados se detectó en caldo una concentración de 1,03 ppm de PZ. Realizando una comparación estandarizada ([PZ] por bin/L de caldo) con 32 bins tratados únicamente con agua, se determinó que, efectivamente existió una destrucción del PZ por parte del peróxido de hidrógeno. La adición de peróxido de hidrógeno redujo en un 84,5% la concentración de PZ disponible en el caldo (Cuadro 8).

Con los lavados realizados 7 días después del tratamiento original, se determinó que los bins aún contenían PZ y lo difundían al caldo. Sin embargo, este aporte fue menor que el realizado por los bins sin tratamiento previo. Entre el lote que se había bañado al inicio y el que se había bañado al final del tratamiento

original, no se observaron grandes diferencias, por lo que, a pesar de no haber hecho reposiciones de ácido, surfactante y peróxido de hidrógeno, la eficacia del tratamiento no disminuyó (Cuadro 9).

Comentarios finales

En la empresa donde se realizaron todos los ensayos, se continuó con la limpieza de bins con el mismo tratamiento. Para determinar si esta limpieza era efectiva en la reducción de residuos de PZ en fruta, se analizaron residuos en naranja Washington Navel que fue cosechada en bins previamente desinfectados y drenchada en el mismo drencher que se hicieron todas las evaluaciones. No se detectaron trazas (Análisis realizado mediante cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas LC-MS/MS)

Cuadro 9. Concentración de propiconazol (ppm) que aportó el drencher y concentración final luego de bañar los 32 bins de cada tanda evaluada. Por diferencia se calculó el aporte propio de los bins.

Tratamiento original	Lote	Aporte de PZ (ppm)*			
		Drencher	Bins**	Total	Total [PZ] por bin/L
Sin tratamiento	-	1,6	8,8	9,3	116,25
Ác. sulfúrico + surfactante + H ₂ O ₂	Bins tratados al inicio	2,0	4,6	6,6	82,50
	Bins tratados al final	1,1	4,9	6,0	75,00

*Análisis realizado mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS).

**diferencia entre el aporte total (drencher + bins) y el aporte que realiza solamente el drencher.

Conclusiones

En los diferentes trabajos realizados se comprobó que los bins de madera contienen PZ en su interior y lo difunden al caldo, con lo cual podrían llegar a la superficie de los frutos.

En tratamientos sucesivos con agua, se va eliminando el PZ de los bins, pero el tiempo para llegar al punto de no detección en caldo puede ser muy lento en el tiempo. El tratamiento con ácido sulfúrico más surfactante más peróxido de hidrógeno fue eficaz en eliminar parte de las trazas de PZ que los bins de madera pueden aportar al caldo. Sin embargo, un solo lavado de bins no fue suficiente para eliminar en su totalidad el PZ que estos contengan.

La concentración de peróxido de hidrógeno utilizada es suficiente para eliminar el PZ que se va aportando al caldo desde el drencher y desde los bins, permitiendo que esta dinámica siga en la misma dirección.

El aporte de PZ entre los bins tratados al inicio y los tratados al final, fue similar en el baño realizado 7 días después de los tratamientos. Sin embargo, se recomienda monitorear la concentración de peróxido de hidrógeno y el pH del caldo, y realizar reposiciones para mantener los parámetros iniciales.

Teniendo en cuenta el aporte significativo de PZ que la madera de los bins puede aportar al caldo, se recomienda la sustitución por bins de otro material, por ejemplo, plástico

5. EVALUACIÓN DE PRODUCTOS COMERCIALES ALTERNATIVOS A BASE DE SORBATO DE POTASIO PARA EL CONTROL POSTCOSECHA DE LA PODREDUMBRE VERDE Y LA PODREDUMBRE AMARGA

Introducción

Ante la creciente restricción del uso de fungicidas de síntesis y el aumento de la demanda de fruta sin residuos, surgieron nuevas alternativas de formulados comerciales para el control de patógenos postcosecha. Una de ellas es la utilización de sales con efecto fungistático, las cuales son promisorias para el control de patógenos de postcosecha de cítricos, así como para potenciar el control de biotipos resistentes a los fungicidas de síntesis. El sorbato de potasio (SK) ha surgido como una de las alternativas para ser aplicado solo o en conjunto con fungicidas de síntesis (Lado et al., 2011; Talibi et al., 2014, Palou et al., 2018; Zacarías et al., 2020). Su acción fungistática enlentece el crecimiento del patógeno, afectando la fisiología celular y, por lo tanto, la germinación de esporas y producción de enzimas, generando un ambiente desfavorable para el establecimiento de la infección (Smilanick et al., 2008).

En esta línea de trabajo, se evaluó la eficacia de diferentes productos alternativos a

base de SK, frente a la podredumbre verde causada por *P. digitatum* y podredumbre amarga causada por *G. citri aurantii*.

Materiales y métodos

Se utilizaron frutos de mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) var. Clementina de Nules y naranja [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] del grupo Navel, var. Navelina, que no habían recibido tratamientos de postcosecha. Estos se inocularon con un punzón de 1 mm de profundidad y 2 mm de diámetro en la zona ecuatorial de los frutos (una inoculación por fruto; Eckert y Brown, 1986). Se evaluaron dos cepas de *P. digitatum* (sensible y resistente a IMZ) y dos cepas de *G. citri aurantii* (con diferente susceptibilidad a PZ). En todos los casos se utilizó una concentración de inóculo de 1×10^6 esp/mL. Los tratamientos se realizaron en el drencher y en la línea de empaque con fines de investigación de INIA_SG, evaluando los productos de forma individual y combinándolos con IMZ, PZ y/o SOPP.

En drencher se evaluó Fruitcare SK (Enzur S.A., Uruguay) al 1,5%, comparándose con 1000 ppm de PZ. En cortina de espuma se evaluó Fruitcleaner-FP (Enzur S.A., Uruguay) al 10% y se comparó con SOPP al 10%. En cascada se evaluó Fruitcare SK al 3% comparándose con 1500 ppm de IMZ. Toda la fruta que se trató en cascada se enceró posteriormente. En la cera se evaluó Greengard SK (Enzur S.A., Uruguay) al 3% comparándose con 2500 ppm de IMZ. En drencher, cascada y cera también se evaluó la combinación del producto a base de SK con el fungicida de síntesis respectivo a cada punto de aplicación.

Luego de realizados los tratamientos, cada repetición se colocó en bandejas individuales y la fruta inoculada con *G. citri aurantii* se ubicó en cámara húmeda. Luego de 7 días de almacenamiento a 20 °C se realizó el recuento de frutos podridos en el punto de inoculación.

Resultados y discusión

Los resultados más promisorios se encontraron en la evaluación del control de la

podredumbre verde, con diferencias en la eficacia según la variedad evaluada (Figura 10), mientras que todos los tratamientos fueron inefectivos para el control de la podredumbre amarga (datos no mostrados).

En Clementina, el SK mostró un control parcial del biotipo de *P. digitatum* sensible a IMZ en drencher, pero no del biotipo resistente. En este punto de aplicación, el PZ fue eficaz en el control de ambos biotipos, en tanto que la combinación de ambos productos mostró resultados similares a los observados individualmente con PZ. En Navelina, los tratamientos con cada producto, aplicados de forma individual o combinados, fueron eficaces en el control de ambos biotipos (Figura 10).

En los frutos de Clementina tratados en cascada se observó una reducción de la incidencia del biotipo sensible de *P. digitatum* tanto con SK como con IMZ y su combinación, sin embargo, estos no controlaron al biotipo resistente. En Navelina ambos productos y su combinación redujeron significativamente la incidencia de podridos de ambos biotipos en comparación con el control sin tratar (Figura 11).

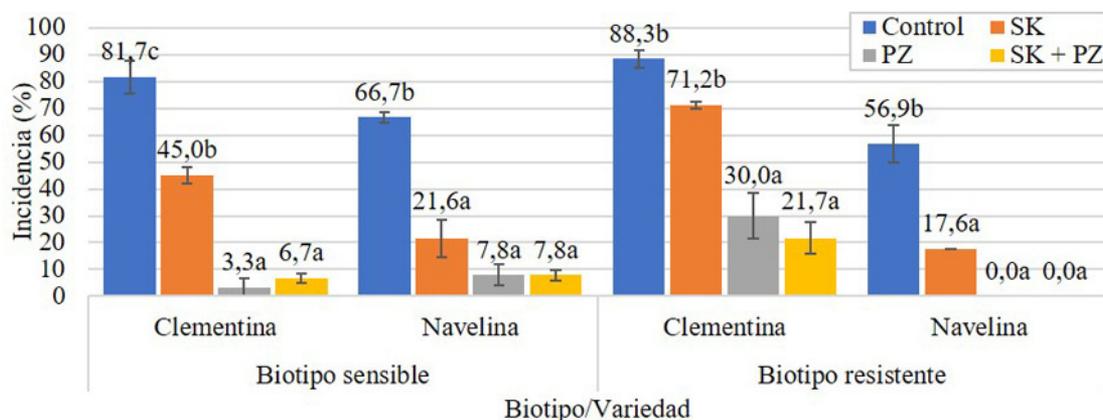


Figura 10. Incidencia de podredumbre verde (biotipo sensible y resistente a IMZ) en Clementina de Nules y en Navelina inoculada y tratada en drencher. Evaluación luego de 7 días a 20 °C.

Referencias. **Control:** Tratamiento con agua; **SK:** Fruitcare SK 1,5%; **PZ:** 1000 ppm Propiconazol; **SK+PZ:** Fruitcare SK 1,5% + 1000 ppm Propiconazol.

Medias (±error estándar) con una letra en común entre tratamientos y dentro de cada biotipo (sensible y resistente a IMZ) y variedad evaluada (Clementina de Nules y Navelina) no son significativamente diferentes (DGC, ≤0,05)

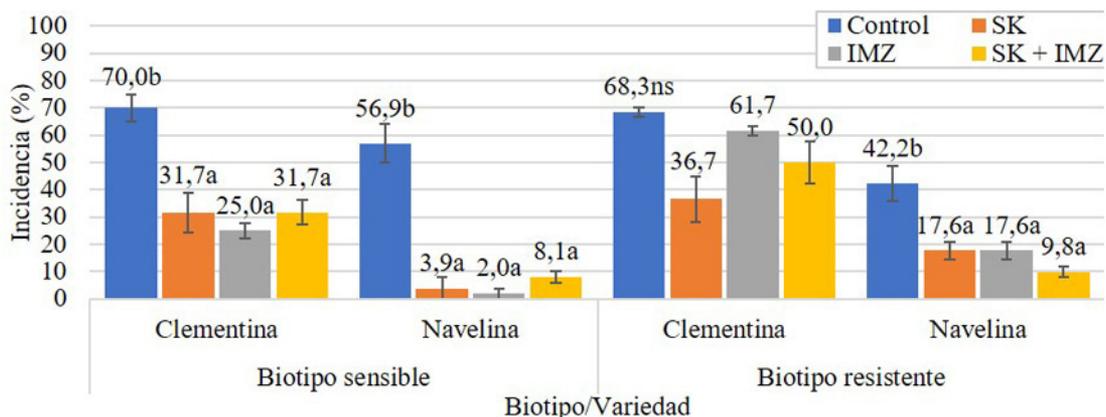


Figura 11. Incidencia de podredumbre verde (biotipo sensible y resistente a IMZ) en Clementina de Nules y en Navelina inoculada y tratada en cascada. Evaluación luego de 7 días a 20 °C.

Referencias. **Control:** Agua en cascada y cera; **SK:** Fruitcare SK 3% en cascada + cera; **IMZ:** 1500 ppm Imazalil en cascada + cera; **SK+IMZ:** Fruitcare SK 3% + 1500 ppm Imazalil en cascada + cera.

Medias (\pm error estándar) con una letra en común entre tratamientos y dentro de cada biotipo (sensible y resistente a IMZ) y variedad evaluada (Clementina de Nules y Navelina) no son significativamente diferentes (DGC, $\leq 0,05$)

Los productos a base de SK aplicados en la cortina de espuma y en la cera no fueron eficaces frente a la podredumbre verde y tampoco lo fueron frente a la podredumbre amarga. Ningún tratamiento, inclusive los realizados en el drencher o en la cascada, fueron eficaces en el control de esta última enfermedad, independientemente del biotipo o de la variedad cítrica evaluada (datos no mostrados).

Conclusiones

Los diferentes productos comerciales a base de SK demostraron tener un efecto en el control de la podredumbre verde cuando

se aplican en drencher y cascada con un mayor volumen de caldo. También dependió de la variedad evaluada, obteniéndose valores de control muy satisfactorios en Navelina, similar a los de los fungicidas de síntesis y un menor efecto en Clementina. Estos productos podrían llegar a ser utilizados como parte de una estrategia integrada para el control de cepas de *Penicillium* spp. resistentes a los fungicidas de síntesis. Finalmente se destaca que, en estas condiciones de evaluación y con estas variedades, estos productos comerciales a base de SK no son efectivos para el control de la podredumbre amarga.

CAPÍTULO 2 - MANEJO DE DESÓRDENES FISIOLÓGICOS

La exportación de frutos cítricos frescos a mercados distantes conlleva el desafío de mantener la calidad durante extensos períodos de transporte. La apariencia del fruto en el mercado es uno de los principales factores de calidad que afecta directamente el precio del producto (Zacarías et al., 2020).

Los desórdenes asociados a daños por frío (DF) adquieren mayor importancia a partir del año 2013, momento en que se accede al mercado de Estados Unidos de América. Este mercado, con alta demanda de frutos cítricos y mejores precios, presenta grandes ventajas competitivas y comparativas para Uruguay, convirtiéndose en el principal destino de exportación junto con la Unión Europea (Ackermann y Montes, 2020).

Para la apertura de este mercado se elaboró un protocolo de acuerdo bilateral bajo el cual, entre otros puntos, se debe evitar el ingreso de las plagas cuarentenarias mosca sudamericana *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) y mosca del mediterráneo *Ceratits capitata* (Wiedemann). Para ello se determinó, entre otras medidas, la realización de un tratamiento cuarentenario de frío en tránsito para moscas de la fruta el cual establece que la fruta tiene que ser empacada en cajas de cartón paletizadas, estar en el momento de la carga del contenedor en origen y por un período de 15 días con temperaturas de pulpa por debajo de 1,11 °C (34 °F) o por un período de 17 días con temperaturas de pulpa por debajo de 1,67 °C (35 °F). Con esta medida se elimina la posibilidad de sobrevivencia de larvas de mosca que puedan ir en el interior de los frutos (MGAP, 2013).

Previo a este momento, las exportaciones de cítricos se realizaban a temperaturas no menores a 4 °C. Para las nuevas exportaciones a este destino se determinó

como pauta general utilizar una temperatura de conservación de 0 °C o menor (temperatura de programación de hasta -0,3 °C). Estas exportaciones son habilitadas para ingresar a Estados Unidos una vez que se constata la realización de la cuarentena obligatoria, de lo contrario deberán repetir el tratamiento en destino, incrementando el tiempo de exposición a esta condición (MGAP, 2013).

Los cítricos son sensibles a las bajas temperaturas y desarrollan daños característicos en la piel, que se conocen como DF. Estos se manifiestan como lesiones, «pitting» o manchas irregulares de diferentes tamaños que pueden provocar hundiimiento de la superficie y oscurecimiento de los tejidos (Lado et al., 2019). Estos síntomas no afectan la calidad interna de los frutos, pero sí deterioran en forma importante su calidad comercial una vez en destino y son fuente de diversos reclamos para las empresas uruguayas exportadoras. Este problema provocó la reducción o restricción de la comercialización de las variedades más sensibles a este destino por parte de algunas empresas uruguayas (Fraschini, C., Com. Pers.).

Estudios anteriores han demostrado que la incidencia de DF es muy variable entre años y depende no sólo del manejo de los frutos durante la postcosecha, sino en gran medida de la condición previa (precosecha) del fruto. Esta última está directamente influenciada por el manejo y el ambiente en el cual se desarrolla el fruto (Lado et al., 2016). Dentro de los cítricos, las mandarinas son más tolerantes a este desorden mientras que los pomelos, algunas variedades de naranjas y algunos limones son más susceptibles (Salvo et al., 2021).

El plan de trabajo elaborado para exportar frutos a los Estados Unidos de América establece una excepción para limón [*Citrus limon* (L.) Burm. F.]. En el mismo se menciona que estos pueden enviarse sin un tratamiento de la mosca de la fruta si se cosechan verdes entre el 15 de mayo y el 31 de agosto. Si los limones se cosechan entre el 1 de septiembre y 14 de mayo, o si la fruta es cosechada amarilla, los limones deben recibir el tratamiento cuarentenario de frío (MGAP, 2013). Actualmente se exportan limones a este destino únicamente en las condiciones establecidas para evitar el tratamiento cuarentenario y el consecuente DF.

La utilización de recubrimientos, principalmente ceras, es una de las principales herramientas para minimizar evaporación y transpiración del fruto, que se traducen en pérdidas de peso y la consecuente aparición de síntomas asociados a la senescencia y la deshidratación (Hassan et al., 2014). Estos recubrimientos también colaboran en la reducción de los síntomas de

DF y otras manchas (Dou 2004, Lado et al. 2016). La aplicación de un recubrimiento en exceso o la utilización de un compuesto muy oclusivo puede ser contraproducente, ya que puede impedir el intercambio gaseoso a través de la corteza del fruto, generando un proceso fermentativo que modifica la concentración de distintos compuestos volátiles asociados a la aparición de sabores y olores no deseados, principalmente etanol y acetaldehído (Obenland y Arpaia, 2019).

A continuación, se presentan diferentes trabajos realizados en el marco del proyecto con el objetivo de minimizar el desarrollo de diferentes manchas en la piel, con énfasis en DF, así como la evaluación del efecto de diferentes tecnologías o procesos logísticos de empaque y aplicación de bajas temperaturas. En todos los casos, el objetivo final es brindar información que permita al sector citrícola exportar fruta de calidad que sea capaz de cumplir con las exigencias cuarentenarias y mantener la calidad externa e interna requerida por los diferentes mercados.

6. RECUBRIMIENTOS Y EFECTO EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE FRUTOS CÍTRICOS PARA EXPORTACIÓN

Introducción

El uso de recubrimientos, principalmente ceras, con distinta concentración de sólidos, tiene como objetivo compensar parte de las ceras naturales que se pierden en el proceso de limpieza de la fruta, evitar pérdidas por evaporación y transpiración que se traducen en pérdidas de peso, alargar la conservación de la fruta manteniendo su firmeza y frescura, y mejorar su presentación, otorgándole un brillo atractivo (Hall, 1981).

Al comienzo del proyecto todas las empresas citrícolas utilizaban el mismo recubrimiento a base de cera de polietileno oxidada y goma laca, con 18% de sólidos, en la mayoría de los cítricos para exportación. Sin embargo, las condiciones ambientales de humedad y temperatura variables durante

el empaque de los frutos, y las exigencias de calidad en los diferentes mercados de destino, llevaron a que el recubrimiento utilizado no cumpla con los requisitos en cuanto a brillo y rapidez/eficiencia de secado.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de distintas ceras comerciales con modificaciones en su composición, en la calidad externa e interna, pérdida de peso y producción de acetaldehído y etanol en diferentes variedades cítricas durante el almacenamiento postcosecha.

Materiales y Métodos

El ensayo se realizó en 2 años consecutivos evaluando un total de 7 recubrimientos diferentes en comparación con la cera utilizada por las empresas (BRIUE); los mismos

Cuadro 10. Recubrimientos (ceras) evaluados durante el primer y el segundo año de evaluación

Tratamiento	Marca comercial	% Sólidos	Componente principal	Empresa	Año de evaluación
BRIUE	Brillaqua UE-Mercosur	18%	Poliet. ox y goma laca		1 y 2
BRIUEJ	Brillaqua UEJ-Mercosur	18%	Goma laca	Enzur S.A.	1
BRIF6	Brillaqua UEF6-Mercosur	18%	Poliet. ox y goma laca		2
CITAE	Citrosol A UE	18%	Poliet. ox y goma laca		1 y 2
CITSUN	Citrosol Sunseal UE	18%	Poliet. ox y goma laca	Citrosol S.A.	1 y 2
CITAK	Citrosol A K UE	18%	Carnaúba y goma laca		2
AC36 1:2 AC36 1:5	Frutcoat AC 36	36,1%	Poliet. ox	Concentrol S.A.	1 y 2 1
TEC	Teycer GLK	18%	Carnaúba y goma laca	Tecnidex S.A.	2

se detallan en el Cuadro 10. En el primer año se realizó una evaluación a nivel experimental en una mini-línea con fines de investigación (INIA SG), utilizándose mandarina Clementina de Nules y naranja Navelina. En el segundo año se evaluaron nuevos recubrimientos junto con los más promisorios de la primera evaluación, en una línea de empaque comercial, con mandarina Clementina de Nules y naranja New Hall en una primera fecha, y con el híbrido Nova y la naranja Salustiana, en una segunda fecha.

Todas las variedades recibieron un tratamiento comercial previo en drencher con 1000 ppm de PIR + 750 ppm de PZ. Las variedades Clementina de Nules, Navelina y New Hall se desverdizaron con 1 ppm de etileno a 19 °C durante 72 h. A estas se les adicionó 35 ppm de 2,4-D en drencher. Nova y Salustiana se cosecharon con el color requerido para su comercialización y no se desverdizaron.

En el primer año las aplicaciones de cera se realizaron de forma manual con un equipo de pulverización con boquilla de cono hueco. En el segundo año la fruta se procesó en línea comercial (balsa con agua + 200 ppm de cloro activo, cortina de espuma con 10% de SOPP, cascada con 1000 ppm de IMZ y 1500 ppm de PZ), y la aplicación de cera en la primera instancia se realizó con un sistema de disco giratorio, mientras que en la segunda fecha se realizó

con un sistema de pulverización con dos boquillas deslizantes.

En todas las evaluaciones, a la salida del horno de secado se realizaron observaciones visuales con énfasis en el secado del recubrimiento y el brillo logrado, y se pesaron los frutos. Se tomaron muestras para evaluar el índice de color de cáscara (ICC, Hunter Lab), la firmeza (deformación del fruto en mm), el contenido de jugo, de sólidos solubles (SS, °Brix) y la acidez.

La fruta se almacenó en cámara de frío a $1\pm 0,5$ °C durante 6 semanas, dejándose 7 días más a temperatura ambiente, simulando la vida comercial (VC). A las 3 y 6 semanas y luego de la VC se determinó la pérdida de peso neto y se registró el número de frutos con podridos, con DF, y/o con síntomas de deshidratación. El estado general del cáliz se categorizó en verde, senescente, negro o ausente. Además, se evaluó nuevamente el ICC, la firmeza, los SS y la acidez. En estas fechas también se determinó el contenido de acetaldehído y etanol en jugo mediante cromatografía de gases según metodología descrita por Meier et al. (2004).

Resultados y discusión

En el Cuadro 11 se detalla el análisis de calidad interna realizado luego de la cosecha (y del desverdizado cuando correspondió) para cada variedad.

Cuadro 11. Índice de color de cáscara (ICC Hunter Lab), porcentaje de jugo, contenido de azúcares (°Brix) y porcentaje de acidez de cada variedad evaluada.

Año de evaluación	Variedad	Cosecha	ICC	%Jugo	°Brix	%Acidez
1	Clementina de Nules*	15-may	2,6	41,5	11,1	1,0
1	Navelina*	15-may	2,6	41,1	11,1	0,8
2	Clementina de Nules*	25-abr	3,8	50,0	11,6	0,9
2	New Hall*	25-abr	1,5	38,9	11,3	1,2
2	Nova	21-jun	8,7	41,5	10,7	0,6
2	Salustiana	21-jun	4,1	53,1	12,0	0,7

*Análisis realizados luego del desverdizado.

Evaluaciones a nivel experimental

Los recubrimientos CITAUE y CITSUN, presentaron un brillo más intenso a la salida del horno, pero no se observaron diferencias claras luego del almacenamiento refrigerado y la VC. No se observaron diferencias claras en cuanto al secado de los frutos (observaciones visuales).

Durante todo el almacenamiento el peso de los frutos se redujo 7,5% en Clementina y 4% en Navelina, el ICC aumentó a 3,9 en Clementina y a 2,9 en Navelina, mientras que los SS y la acidez se mantuvieron estables durante la conservación en frío. La fir-

meza de los frutos no varió en Clementina, mientras que se redujo significativamente en Navelina (deformación del fruto de 1,7 a 2,5 mm). En ninguna de estas evaluaciones se observaron diferencias entre tratamientos.

No se observaron síntomas de DF y la incidencia de frutos podridos fue nula durante todo el almacenamiento. Luego de la VC la incidencia de frutos con síntomas de deshidratado fue mayor con el tratamiento BRIUEJ en Clementina (53,3% vs 34,7% promedio del resto), mientras que no se observaron diferencias entre tratamientos en

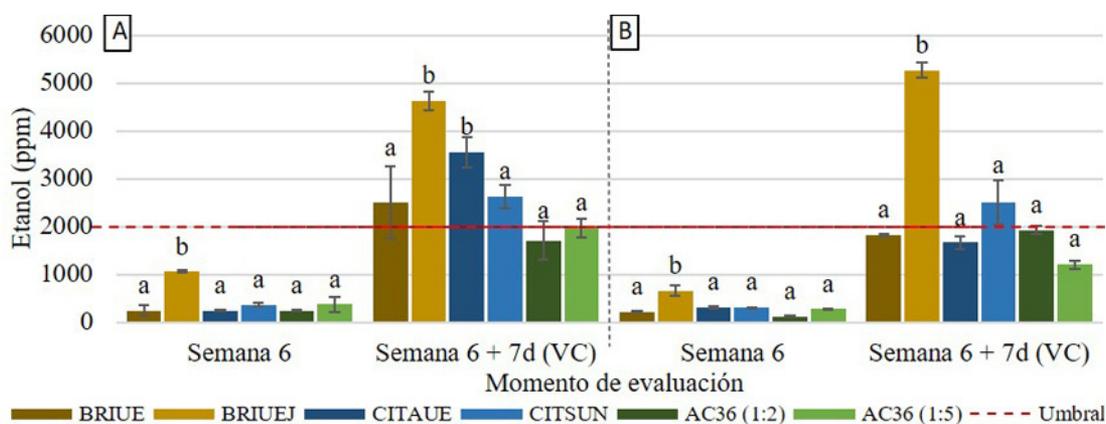


Figura 12. Concentración de etanol (ppm) en mandarina Clementina de Nules (A) y naranja Navelina (B) para cada tratamiento, luego de 6 semanas a $1\pm 0,5$ °C, y 6 semanas + 7 días de vida comercial. Comparación con umbral máximo de referencia (Czerny et al., 2008).

Medias (\pm error estándar) con una letra en común entre tratamientos dentro de cada fecha y variedad no son significativamente diferentes (Tukey, $\leq 0,05$). Referencias: **BRIUE**: Brillaqua UE; **BRIUEJ**: Brillaqua UEJ; **CITAUE**: Citrosol AUE; **CITSUN**: Citrosol Sunseal; **AC36 (1:2)**: Frutcoat AC-36 UE dilución 1:2; **AC36 (1:5)**: Frutcoat AC-36 UE dilución 1:5.

Navelina (56,5% en promedio). La senescencia del cáliz aumentó durante el almacenamiento refrigerado y se agravó luego de la VC, sin diferencias entre tratamientos.

El contenido de acetaldehído y etanol aumentó significativamente luego de la VC, siendo mayor en Clementina que en Navelina. Luego de la VC las diferencias entre tratamientos no fueron consistentes en ambas variedades respecto al acetaldehído (datos no mostrados), mientras que BRIUEJ fue el recubrimiento que mostró una mayor concentración de etanol (Figura 12). En este sentido, varios autores tampoco encontraron una correlación clara entre el acetaldehído y los malos sabores, mientras que sí las encontraron para la concentración de etanol (Cohen et al., 1990; Obenland et al., 2013)

Evaluaciones a nivel comercial en plantas de empaque

Luego del proceso en línea de empaque no se observaron diferencias claras en cuanto al secado. BRIF6, CITAK y TEC presentaron un brillo más intenso en este momento, pero no se diferenciaron visualmente luego del almacenamiento refrigerado.

Luego de la VC, el ICC descendió únicamente en Nova a 7,6 y sólo para los tratamientos sin carnaúba (datos no mostrados). Los SS y la acidez se mantuvieron estables (datos no mostrados). La pérdida de peso fue nuevamente mayor en mandarinas (8,9%) que en naranjas (6,3%), destacándose los tratamientos con carnaúba (CITAK y TEC) con 0,7% menos de pérdida que el resto, en todas las variedades (Figura 13).

Se observó una reducción general de la firmeza que fue nuevamente mayor en naranjas. Las diferencias entre tratamientos no fueron consistentes para todas las variedades y no se observaron síntomas de deshidratado.

En Nova se detectó una incidencia leve de DF a las 6 semanas, que llegó a 7,3% luego de la VC, sin diferencias entre tratamientos. En naranjas el DF fue más severo, con claras diferencias entre tratamientos: en New Hall se observaron síntomas a partir de la tercera semana mientras que en Salustiana a partir de la sexta, destacándose los recubrimientos más oclusivos (BRIF6, CITAK y TEC) junto con AC36 (1:2) con una menor incidencia de DF (Figura 14).

La evolución de la senescencia del cáliz fue similar a la del primer año de evaluación,

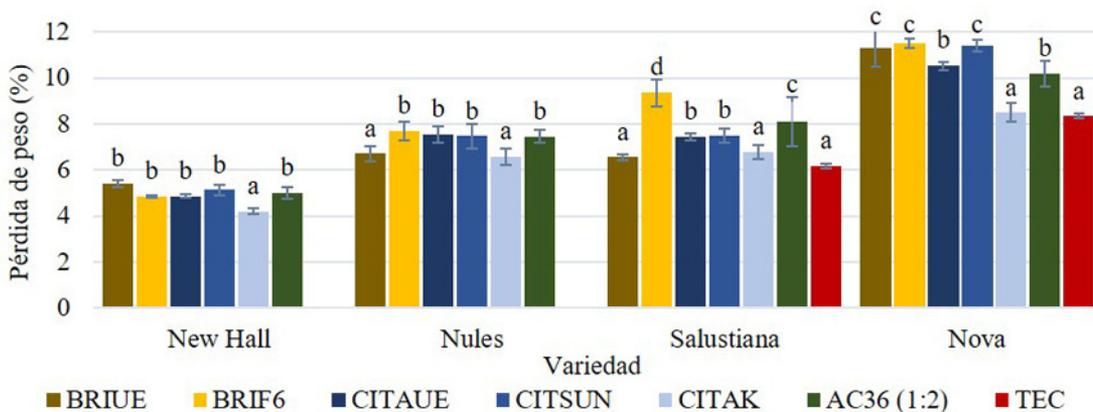


Figura 13. Pérdida de peso de los frutos de naranjas New Hall y Salustiana, y mandarinas Clementina de Nules y Nova para cada tratamiento luego de 6 semanas de almacenamiento a 1±0,5 °C + 7 días de vida comercial.

Medias (±error estándar) con una letra en común entre tratamientos dentro de cada variedad no son significativamente diferentes (Tukey, ≤0,05). Referencias: **BRIUE**: Brillaqua UE; **BRIF6**: Brillaqua UEF6; **CITAE**: Citrosol AUE; **CITSUN**: Citrosol Sunseal; **CITAK**: Citrosol AKUE; **AC36 (1:2)**: Frutcoat AC-36 dilución 1:2; **TEC**: Teycer GLK.

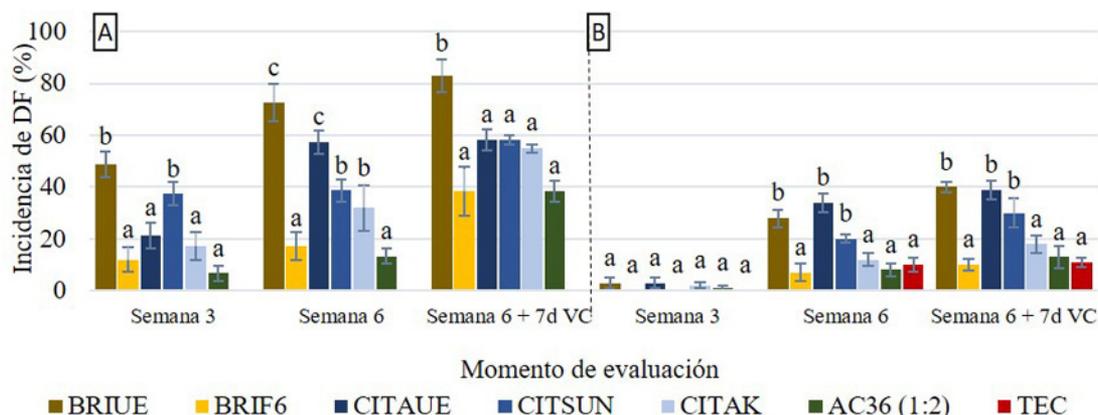


Figura 14. Incidencia de daño por frío (DF) en frutos de naranja New Hall (A) y Salustiana (B) para cada tratamiento luego de 3 y 6 semanas de almacenamiento a $1\pm 0,5$ °C y 6 semanas + 7 días de vida comercial.

Medias (\pm error estándar) con una letra en común entre tratamientos dentro de cada fecha y variedad no son significativamente diferentes (DGC, $p \leq 0,05$). Referencias: **BRIUE**: Brillaqua UE; **BRIF6**: Brillaqua UEF6; **CITAUE**: Citrosol AUE; **CITSUN**: Citrosol Sunseal; **CITAK**: Citrosol AKUE; **AC36 (1:2)**: Frutcoat AC-36 dilución 1:2; **TEC**: Teycer GLK.

siendo más acelerada en las variedades desverdizadas. Esta senescencia fue diferente dentro de cada variedad; en Salustiana los recubrimientos más oclusivos (BRIF6, CITAK y TEC) junto con CITAUE enlentecieron el ennegrecimiento del cáliz, mientras que no se observaron diferencias entre recubrimientos en otras variedades, con excepción de Clementina y BRIUE (Cuadro 12).

El contenido de acetaldehído y etanol volvió a aumentar durante el almacenamien-

to, sobre todo durante la VC, al aumentar la temperatura. La acumulación de ambos volátiles fue mayor en New Hall. En cuanto al acetaldehído, no se observaron diferencias consistentes entre los tratamientos, independientemente de la variedad evaluada (datos no mostrados). En las mandarinas, los recubrimientos más oclusivos, con menor pérdida de peso (BRIF6, CITAK y TEC), favorecieron la síntesis de etanol, mientras que se destacaron CITAUE, CITSUN y AC36 (1:2) con menor concentración de etanol.

Cuadro 12. Estado general del cáliz (%) en las cuatro variedades evaluadas según tratamientos, luego de 6 semanas de almacenamiento a $1\pm 0,5$ °C + 7 días de vida comercial.

Variedad	Tratamientos	Verde	Senescente	Negro	Caído
Clementina	BRIUE	47,0 a	36,0 ns	17,0 b	0,0 ns
	Promedio otros	30,2 b	35,0	32,8 a	2,0
New Hall	Promedio todos	0,0	0,0	83,6	16,4
Nova	Promedio todos	96,9	3,1	0,0	0,0
Salustiana	BRIF6 – CITAUE – CITAK - TEC	92,5 a	7,5 b	0,0 ns	0,0 ns
	BRIUE - AC36 (1:2) - CITSUN	81,7 b	18,3 a	0,0	0,0

Para cada variedad se agruparon los tratamientos según las diferencias mediante análisis estadístico ($p \leq 0,05$). Medias con una letra en común entre tratamientos dentro de cada variedad no son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0,05$).

Referencias: **BRIUE**: Brillaqua UE; **BRIF6**: Brillaqua UEF6; **CITAUE**: Citrosol AUE; **CITSUN**: Citrosol Sunseal; **CITAK**: Citrosol AKUE; **AC36 (1:2)**: Frutcoat AC-36 dilución 1:2; **TEC**: Teycer GLK.

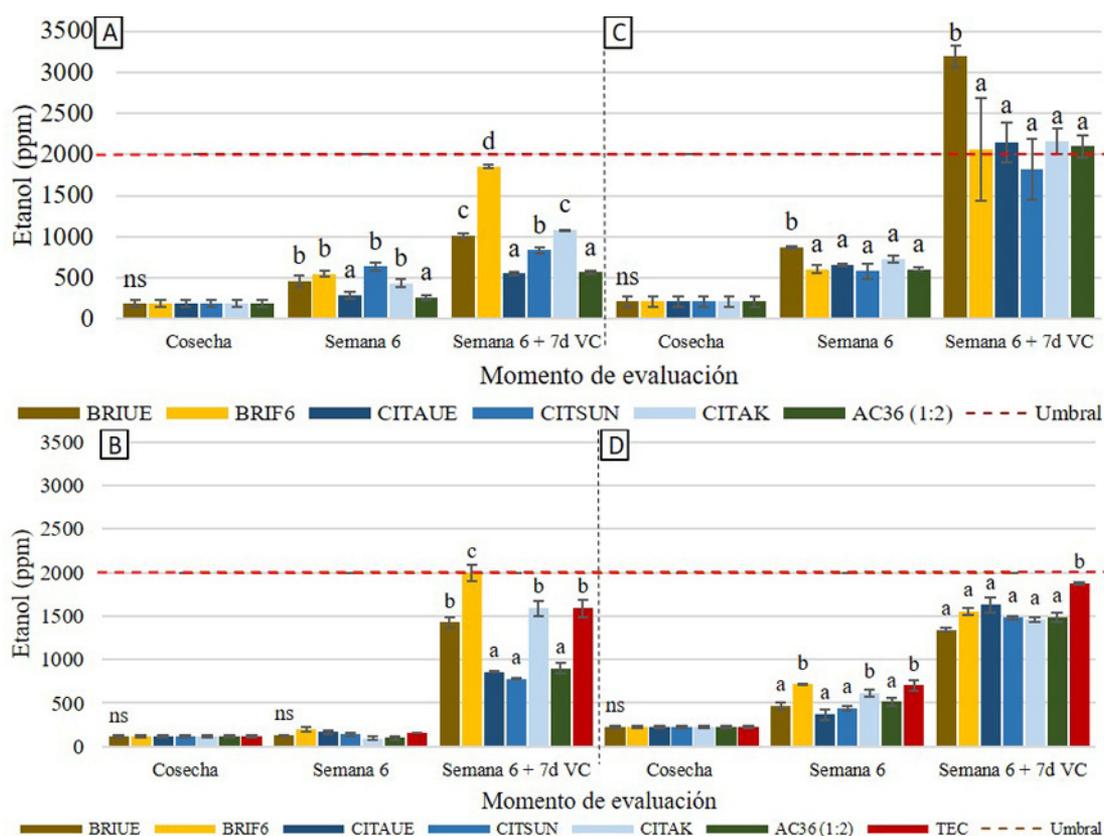


Figura 15. Concentración de etanol (ppm) en las mandarinas Clementina de Nules (A) y Nova (B), y en las naranjas New Hall (C) y Salustiana (D) para cada tratamiento en la cosecha, luego de 6 semanas de almacenamiento a $1\pm 0,5$ °C y 6 semanas + 7 días de vida comercial. Comparación con umbral máximo de referencia (Czerny et al., 2008).

Medias (\pm error estándar) con una letra en común entre tratamientos dentro de cada fecha y variedad no son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0,05$). Referencias: **BRIUE**: Brillaqua UE; **BRIF6**: Brillaqua UEF6; **CITAUE**: Citrosol AUE; **CITSUN**: Citrosol Sunseal; **CITAK**: Citrosol AKUE; **AC36 (1:2)**: Frutcoat AC-36 dilución 1:2; **TEC**: Teycer GLK.

En Salustiana, la cera TEC favoreció la acumulación de este compuesto (Figura 15). La cera BRIF6 provocó un aumento en la concentración de etanol en mandarinas Clementina y Nova, especialmente luego de la VC (Figura 15), por lo que sería importante continuar con las evaluaciones de este recubrimiento en mandarinas.

Conclusiones

Se observaron diferencias en el comportamiento de los recubrimientos evaluados en función de la variedad cítrica. No se observaron diferencias claras entre tratamientos en la firmeza o la calidad interna de la

fruta en comparación con la cera Brillaqua UE 18%, por lo que todos podrían ser utilizados como alternativa en función de los requerimientos de cada empresa. Los recubrimientos Citrosol AK y Teycer GLK con carnaúba y goma laca fueron los que menor pérdida de peso presentaron luego del almacenamiento y la VC.

El brillo y la apariencia general de la fruta fueron superiores en los tratamientos Brillaqua F6, Citrosol AK y Teycer GLK a la salida del horno de secado. Luego de la vida comercial no se observaron diferencias, destacando también Concentrol AC-36 (1:2) y Citrosol AUE.

En las variedades susceptibles al DF New Hall y Salustiana, la mayoría de los recubrimientos brindaron una mejor protección respecto a la Brillaqua UE 18%, con excepción de Citrosol (AUE y Sunseal) en Salustiana.

Respecto a los niveles de acetaldehído y etanol, se destaca que es muy importante controlar la temperatura de almacenamiento ya que un aumento en la misma promueve notablemente la acumulación de ambos compuestos, para todos los recubrimientos evaluados. La concentración de estos volátiles dependió del tipo de recubrimiento, de su forma de aplicación, del estado de madurez de los frutos y de la aplicación del tratamiento de desverdizado. Los tratamientos que proveen mayor brillo y menor pérdida de peso fueron los más oclusivos presentando mayores concentraciones de estos volátiles. Es importante en estos casos, lograr un control estricto de la temperatura en períodos de vida comercial, especialmente en mandarinas.

Se concluye finalmente que los recubrimientos más promisorios para su aplicación

en postcosecha de frutos cítricos y posterior almacenamiento a 1°C son Brillaqua F6, Citrosol AK y Teycer GLK. Estos presentaron un nivel de brillo y apariencia general del fruto superior, menor pérdida de peso y niveles de acetaldehído y etanol que no superaron los umbrales de detección. En el caso de Brillaqua F6 es importante continuar con la evaluación de sabores no deseados en mandarinas, especialmente para conservaciones extendidas. Es importante tener en cuenta que su uso en fruta sobremadura o con un proceso de desverdizado más severo puede favorecer la aparición de sabores no deseados, especialmente al aumentar la temperatura de almacenamiento. También resulta importante evaluar estos recubrimientos en las variedades cítricas específicas.

No se descartan los recubrimientos Concentrol AC-36 (1:2) y Citrosol AUE que tuvieron buen nivel de brillo, principalmente luego de la conservación, aceptable aspecto visual general, así como niveles de acetaldehído y etanol.

7. EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE DAÑO POR FRÍO EN LIMÓN AMARILLO BAJO EL RÉGIMEN DE TRATAMIENTO CUARENTENARIO POR FRÍO

Introducción

El protocolo para la exportación de frutos cítricos a Estados Unidos, que requiere obligatoriamente la aplicación de temperaturas cuarentenarias (MGAP, 2013), limita la exportación de limón amarillo que ha demostrado ser susceptible a daños por frío (DF; Salvo et al., 2021). Durante la zafra puede haber limón apto para su exportación fuera de la ventana de exportación a EE.UU. (15 de mayo al 31 de agosto) o con color de cosecha amarillo, el cual requeriría obligatoriamente la realización del tratamiento cuarentenario y, por lo tanto, se destina actualmente a otros mercados. A su vez, las bajas temperaturas son una herramienta complementaria para el control de patógenos postcosecha. Determinar la susceptibilidad

a DF del limón bajo temperaturas de cuarentena es una de las interrogantes que se han planteado. Con el objetivo de comprobar el comportamiento del limón amarillo pleno en tratamiento cuarentenario por frío y la posible incidencia de factores precosecha en la tolerancia al daño DF en este contexto, se desarrolló el siguiente trabajo.

Materiales y métodos

Este ensayo se realizó durante dos años en los que se evaluó el efecto del origen de producción, intentando variar manejos como la fertilización de las quintas y el método de enfriamiento previo a la carga del contenedor de transporte. El primer año se utilizó limón var. Lisbon con diferentes orígenes de producción, mientras que en segundo año

se utilizaron las variedades Lisbon y Fino, también con diferentes orígenes de producción.

Primer año de evaluación

Se utilizaron partidas de limón Lisbon provenientes de quintas en Montevideo, Soriano y Paysandú. Se evaluó por origen en el momento de la cosecha el índice de color de cáscara (ICC hunter Lab), el grosor de cáscara y el porcentaje de jugo. Luego de la vida comercial (VC) se volvió a evaluar el ICC de cada origen y de cada tratamiento en particular.

Los frutos se clasificaron por color amarillo pleno y se procesaron en una misma planta de empaque comercial, recibiendo tratamientos fungicidas tanto en drencher como en línea de empaque. Luego del proceso, todos los frutos se empacaron en cajas telescópicas (80 frutos por caja) y se colocaron en las primeras 4 filas (de abajo hacia arriba) de 3 pallets diferentes (4 cajas de cada origen por pallet) distribuidas de forma aleatoria en cada fila. El pallet se completó con cajas de naranja Navelina, alcanzando una altura de 8 filas y 10 cajas por fila (80 cajas por pallet).

Cada uno de los 3 pallets conformados recibió un tratamiento diferente de pre-enfriamiento antes de ingresar al contenedor: El primer pallet fue directamente a túnel de frío de tipo californiano. Cuando se constató el descenso de la temperatura a 1,67 °C (20 horas aproximadamente), el pallet se envió a cámara de frío a 0 °C. El segundo pallet se mantuvo en una cámara a 0 °C por 24 horas previo al ingreso al túnel de frío, realizándose el mismo manejo que el primer pallet. El tercer pallet se mantuvo en cámara a 0°C hasta el ingreso al contenedor, sin recibir un tratamiento de pre-frío en túnel.

Una vez finalizados los pre-tratamientos, los tres pallets ingresaron en el mismo momento en un contenedor comercial seteado a 0 °C. La temperatura se monitoreó con sensores de pulpa. Luego de 30 días de almacenamiento se realizó la primera evaluación. Los pallets se dejaron 7 días más a

temperatura ambiente simulando la VC, y se realizó la evaluación final.

La incidencia y severidad de DF se determinó mediante el índice de DF (IDF), clasificando los frutos mediante una escala visual que contempla incidencia y severidad según el siguiente criterio: 0 = sin daños visibles; 1 = daños ligeros, abarcando hasta un 10% de la superficie del fruto; 2 = daños moderados, abarcando entre 10 y 50% de la superficie del fruto y 3 = daños severos, abarcando más del 50% de la superficie del fruto (Lafuente et al., 1997).

Segundo año de evaluación

Se utilizaron partidas de limón Lisbon de Montevideo, Paysandú y Salto, y partidas de limón Fino de Maldonado y Salto. Las partidas, además de en la variedad de limón, mostraban diferencias en el manejo pre-cosecha. Todas las partidas se procesaron en una planta de empaque comercial recibiendo tratamientos fungicidas tanto en drencher como en línea de empaque. Luego del proceso, todos los frutos se empacaron en cajas telescópicas (80 frutos por caja) y se colocaron en las primeras 4 filas de altura de 3 pallets diferentes (3-4 cajas de cada origen por pallet) distribuidas de forma aleatoria en cada fila. El pallet se completó con cajas de limón Lisbon, llegando a una altura de 8 filas y 10 cajas por fila (80 cajas por pallet).

En este ensayo los tres pallets se enfriaron en cámara seteada a 0 °C hasta llegar a la temperatura de cuarentena (no existió pre-enfriamiento). A continuación, ingresaron al contenedor comercial seteado a -0,3 °C. La temperatura se volvió a monitorear con sensores de pulpa. En total los pallets se almacenaron por 45 días bajo el régimen de temperatura de cuarentena, más 10 días a 5 °C y 7 días en simulación de VC, buscando imitar las condiciones del transporte comercial con destino a EE.UU.

Considerando que los envíos a EE.UU. pueden durar más tiempo en casos puntuales como cuando el tratamiento cuarentenario falla y se tiene que realizar nuevamen-

te en destino, a demanda de las empresas, las evaluaciones visuales de DF se realizaron a los 45 días y luego del período de VC. La incidencia y severidad de DF se determinó mediante el índice de daño por frío (IDF) descrito anteriormente.

En paralelo se evaluó el ICC (Hunter Lab), calibre, grosor de cáscara y porcentaje de jugo. Luego de la VC se volvió a evaluar el ICC.

Resultados y discusión

Primer año de evaluación

En el momento de la cosecha los limones de Montevideo y Soriano presentaron mayor grosor de cáscara (6,1 vs 5,6 mm, $p \leq 0,05$,

datos no mostrados) y tenían un tono de color más verdoso en comparación con los limones de Paysandú ($\leq 0,05$, Cuadro 13). El porcentaje de jugo fue similar en todos los orígenes (entre 40,5 y 42,5%, datos no mostrados). El ICC luego de la VC aumentó, manteniendo las mismas diferencias entre orígenes, independientemente del tratamiento de pre-enfriado, a excepción del limón de Soriano pre-enfriado en túnel que se volvió más amarillo ($p \leq 0,05$, Cuadro 13).

Los registros de temperatura de pulpa se presentan en la Figura 16, demostrándose el cumplimiento del tratamiento cuarentenario durante 15 ($\leq 1,11$ °C, línea violeta punteada) y 17 días ($\leq 1,67$ °C, línea roja punteada). En el túnel de frío (línea verde) el

Cuadro 13. Índice de color de cáscara (ICC Hunter Lab) evaluados para cada origen en el momento de cosecha, y para cada origen y tratamiento de pre-enfriamiento luego de la vida comercial.

Momento de evaluación	Tratamiento	Origen		
		Montevideo	Soriano	Paysandú
Cosecha	Todos (promedio)	-6,14 a	-6,17 a	-4,10 b
Vida comercial	Túnel	-2,25 a	-1,55 b	-1,77 b
	Cámara + Túnel	-2,24 a	-2,12 a	-1,38 b
	Cámara	-2,00 a	-2,23 a	-1,35 b

Medias (\pm error estándar) con una letra en común dentro de cada fila no son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0,05$).

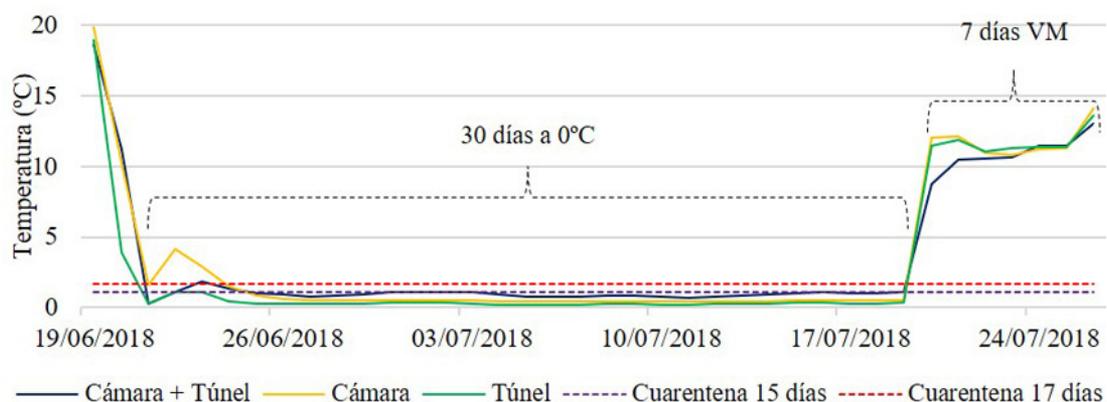


Figura 16. Temperaturas de pulpa de los diferentes tratamientos evaluados durante el enfriamiento previo, el almacenamiento de 30 días y 7 días más de vida comercial.

Cámara + Túnel: enfriamiento previo durante 24 h en cámara de frío + túnel de frío; **Túnel:** enfriamiento directo en túnel de frío; **Cámara:** enfriamiento directo en cámara de frío; **Cuarentena 15d:** temperatura límite de 1,11 °C por 15 días; **Cuarentena 17d:** temperatura límite de 1,67 °C por 17 días.

descenso de temperatura fue más rápido, alcanzando la pulpa temperaturas menores a 1 °C luego de 11 horas, mientras que en cámara de frío (líneas azul y amarilla) se logró este valor (1-2 °C) luego de 24 horas. En el período de VC la temperatura de pulpa promedio fue de 11,5 °C.

El DF observado en general fue bajo y varió en función del origen y del tratamiento de frío aplicado: mayor IDF en los limones provenientes de Montevideo en comparación con Paysandú y Soriano. En general, al finalizar el almacenamiento y la VC, en los frutos de Montevideo el daño fue mayor con el tratamiento previo de túnel de frío, mientras que, en los frutos de Soriano y Paysandú la incidencia del desorden fue muy leve y no permitió registrar diferencias entre los métodos de pre-enfriamiento (Figura 17). Lo anterior permite concluir que en casos de sospecharse que la sensibilidad varietal podría ser elevada o en años de alta incidencia de DF (observado en otras especies y variedades durante el año), no es recomendable la aplicación de pre-enfriado únicamente mediante túnel de frío en limones amarillos ya que podría favorecer la ocurrencia de DF.

También se observó un efecto especialmente negativo del frío cuarentenario en síntomas o daños provenientes de campo, provocando una intensificación y ennegrecimiento de las lesiones por cancro cítrico o melanosis. Estos síntomas, así como todos los tipos de síntomas de daños fisiológicos observados luego de la conservación se detallan en la Figura 20.

Segundo año de evaluación

Los limones Lisbon de Salto y Montevideo, y Fino de Maldonado, mostraron un tono de color levemente verdoso al momento de cosecha (-3,4; -3,3; -3,3 respectivamente). Luego de la conservación refrigerada más la VC, el ICC aumentó y se observó un cambio de color hacia un fruto más amarillo, sin diferencias entre los orígenes de limón Fino (-1,5), y con una intensidad más acentuada en el limón Lisbon de Montevideo (-1,0 vs -1,9). Dentro de cada variedad, los frutos de la zona sur del país (Montevideo y Maldonado) registraron un calibre menor (61-64 mm) que el resto (64-67 mm), mientras que los frutos de la zona norte (Salto)

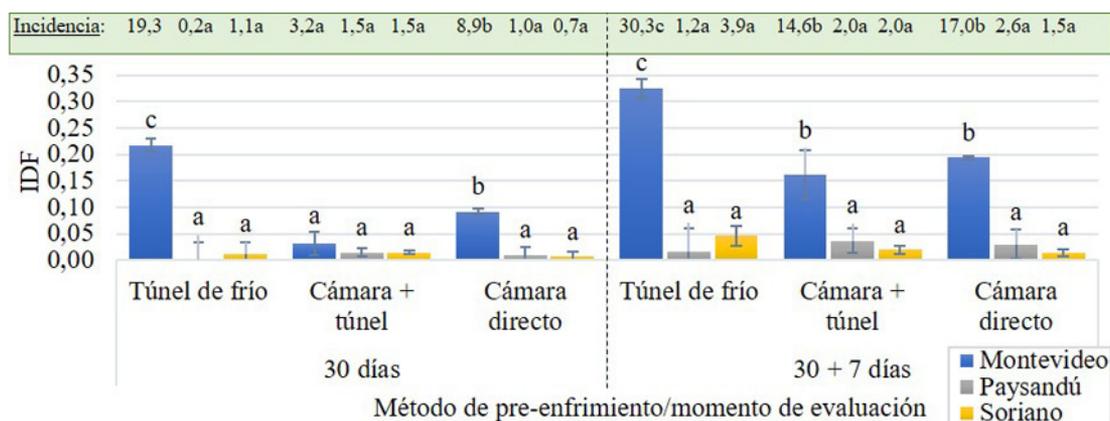


Figura 17. Incidencia y severidad de daño por frío (DF) evaluada como el índice de daño por frío (IDF), en limón Lisbon proveniente de diferentes orígenes y almacenados a 0 °C durante 30 días + 7 días a temperatura ambiente simulando la vida comercial. Valores en recuadro verde corresponden a la incidencia de frutos con DF (% frutos con síntomas/total de frutos evaluados).

Medias (±error estándar) con una letra en común entre orígenes y métodos de pre-enfriamiento dentro de cada momento de evaluación no son significativamente diferentes (Tukey, p ≤ 0,05)

Orígenes: Montevideo; Soriano; Paysandú. **Tratamientos:** túnel de frío (directo); Cámara + túnel: (24 horas de cámara de frío + túnel de frío); Cámara directo (sin túnel de frío).

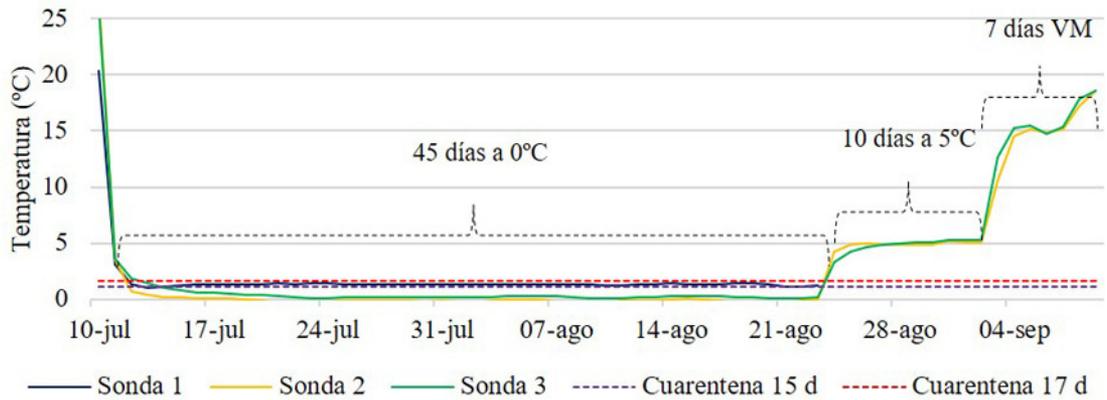


Figura 18. Temperaturas de pulpa de la fruta almacenada durante 45 días a 0 °C, 10 días a 5 °C y 7 días más a temperatura ambiente simulando la vida comercial.

Sonda 1, 2 y 3: temperatura de pulpa en 3 posiciones diferentes durante el almacenamiento; **Cuarentena 15d:** temperatura límite de 1,11 °C por 15 días; **Cuarentena 17d:** temperatura límite de 1,67 °C por 17 días.

tuvieron menor grosor de cáscara (5,0 vs 5,7 mm) y mayor porcentaje de jugo (42,3% vs 36,8%).

Se aplicó en forma efectiva el tratamiento cuarentenario durante 15 ($\leq 1,11$ °C) y 17 días ($\leq 1,67$ °C). En el período de VC la temperatura promedio fue de 15 °C (Figura 18).

El IDF fue mayor en la variedad Lisbon, lo que podría estar relacionado con la sensibilidad varietal, diferencias en el manejo nutricional o condiciones ambientales durante el

desarrollo del fruto, entre otros posibles factores. Luego de 45 días de almacenamiento refrigerado, en esta variedad la incidencia y el IDF fue mayor para el origen Salto, mientras que, en limón Fino, la incidencia fue mayor en los frutos de Maldonado. Luego de la VC, en Lisbon se mantuvieron las diferencias respecto a la incidencia, pero no respecto al IDF, mientras que en limón fino no se observaron diferencias en los dos indicadores evaluados (Figura 19).

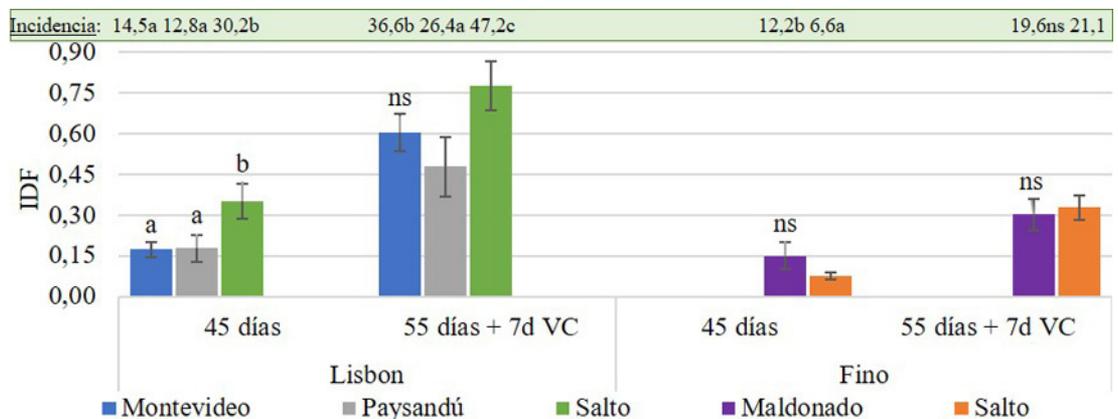


Figura 19. Incidencia (%) y severidad (IDF) de daño por frío en limón Lisbon y Fino proveniente de diferentes orígenes y almacenados a 0 °C durante 45 días + 10 días a 5 °C + 7 días a temperatura ambiente, simulando la vida comercial (VC). Valores en recuadro verde corresponden a la incidencia de frutos con DF (% frutos con síntomas/total de frutos evaluados).

Medias (\pm error estándar) con una letra en común entre orígenes y dentro de cada variedad y momento de evaluación no son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0,05$)

Origen de Lisbon: Montevideo; Paysandú; Salto. **Origen de Fino:** Maldonado; Salto.



“picado” o “pitting”: depresiones en la piel de forma mas o menos circular, con ligera decoloración que posteriormente pardean y pueden llegar a adquirir tonos rosados. (www.tecnicoagricola.es/picado-o-pitting-en-citricos). Se observó principalmente en limón Lisbon



Peteca: lesiones necrosadas, hendidas, individuales, de mayor tamaño que el pitting, redondeadas, con los bordes y las glándulas de aceite oscurecidas. Este desorden generalmente se asocia a desbalances nutricionales en el fruto (<https://www.tecnicoagricola.es/peteca-en-limones>)



Mancha deprimida individual, que se deshidrata, va avanzando desde el cáliz y tomando un color plateado, llegando en casos más severos a ocupar casi toda la superficie del fruto formando puntos negros más deprimidos. Desorden observado en Limón Lisbon



Mancha hundida individual, que se deshidrata, mantiene el color original del fruto y puede volverse ligeramente blanquecino, sin ennegrecerse. El comienzo se observa mayormente en la zona ecuatorial aunque puede iniciar en cualquier parte del fruto. En casos severos puede ocupar más de la mitad del fruto. Desorden observado en limón Fino



Lesiones de cancro ennegrecidas luego de permanecer en almacenamiento a temperatura de cuarentena durante 30 días.

Figura 20. Principales desórdenes fisiológicos observados en limón amarillo luego de la conservación a temperatura de cuarentena. De arriba hacia abajo se describen los síntomas de picado o pitting, peteca, manchas deprimidas, manchas hundidas, agravamiento de síntomas de cancro.

Dentro de la variedad Lisbon, la mayor susceptibilidad de los frutos de Salto (mayor incidencia, Figura 19) coincidió con un tono más verdoso (ICC más bajo) y menor grosor de cáscara en el momento de cosecha. Dentro de la variedad Fino, los frutos de Maldonado fueron más verdes (ICC más bajo) pero con mayor grosor de cáscara, sin embargo, dado el bajo IDF registrado, no existieron diferencias significativas respecto a los limones provenientes de Salto (Figura 19).

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que la aplicación de frío cuarentenario podría ser viable en limones amarillos, pero que la tolerancia al daño por frío dependería en gran medida de otros factores precosecha. En este senti-

do, frutos de diferentes orígenes mostraron variación en la incidencia de daño, aun siendo sometidos al mismo manejo postcosecha. No se recomienda el pre-enfriamiento en túnel, ya que podría agravar los síntomas de DF.

El limón con color amarillo pleno podría constituirse una alternativa de exportación a los mercados con régimen cuarentenario, aunque son necesarias futuras investigaciones para establecer los factores precosecha que más influyen en la sensibilidad a las bajas temperaturas postcosecha. Resulta clave considerar que la incidencia de DF puede depender de la variedad de limón, del año de producción y del origen del mismo (manejo agronómico y condiciones micro climáticas) y que la severidad del daño podría agravarse con la aplicación de tecnologías de pre-enfriamiento.

8. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA Y LA INCIDENCIA DE DAÑO POR FRÍO EN DIFERENTES VARIEDADES DE NARANJA EMPACADAS A GRANEL BAJO EL RÉGIMEN DE TRATAMIENTO CUARENTENARIO POR FRÍO

Introducción

Actualmente, el principal destino de exportación es el de fruta fresca para consumo final o reempaque. Un mercado que ha cobrado importancia últimamente es la exportación de fruta fresca con destino a industria para ser procesada. Esta fruta se exporta a granel, en envases de madera destinados específicamente para este uso (Fraschini, C. Com. Pers.). Sin embargo, el plan de exportación acordado con EE.UU. no habilita aún el envío de fruta procesada mediante esta vía a este destino (MGAP, 2013).

El manejo de la fruta en estos envases tiene grandes ventajas desde el punto de vista económico y logístico, ya que reduce el costo de mano de obra en el origen, tanto para el empaque como para el acondicionamiento del pallet y reduce el costo del material de empaque (cartón); por otra parte, reduce los costos energéticos ya que el enfriamiento de la fruta en bines de madera es más efectivo que en

cajas de cartón paletizadas (Fraschini, C. Com. Pers.). El objetivo del siguiente trabajo fue determinar si se cumplen las condiciones para la certificación fitosanitaria del envío de fruta empacada en envases de madera tratados y habilitados para exportación, a través de la verificación del tratamiento de frío requerido para la exportación a EE.UU. También se cuantificó la incidencia y severidad de daño por frío (DF) en diferentes variedades de naranja bajo régimen de temperatura de cuarentena, y empacadas directamente en envases de madera a granel.

Materiales y métodos

Se utilizaron variedades de naranja Salustiana, Navel Lanelate y Valencia Midnight. Cada variedad evaluada se cosechó y procesó en diferentes jornadas, recibiendo un tratamiento comercial en drencher con 800 ppm de OPP, 975 ppm de IMZ y 1000 ppm de PIR el mismo día de co-



Figura 21. Disposición de la fruta en los bins de madera para exportación, por origen y variedad (izquierda), y síntomas de daño por frío en Salustiana (derecha) observados luego de 30 días de almacenamiento en contenedor refrigerado a temperaturas de cuarentena.

secha. Al día siguiente cada lote se procesó en línea de empaque, pasando por una balsa con 200 ppm de cloro activo (hipoclorito de sodio), una cortina de espuma con 10% de SK, y cera con 2500 ppm de IMZ.

Al final de la línea de empaque, la fruta se depositó en envases de madera para exportación (400 kg netos de fruta aproximadamente). Como las cosechas se realizaron en diferentes jornadas, los primeros procesos se mantuvieron en cámara de frío setead a 0 °C hasta que la última variedad estuviera a temperatura de cuarentena: Valencia se almacenó por 3 días, Lanelate por 11 días y Salustiana por 14 días. En este momento todos los lotes de fruta de cada variedad se cargaron en

un contenedor comercial setead a 0 °C (Figura 21). La temperatura se monitoreó con sensores de temperatura de pulpa y ambiente colocados según lo indica el protocolo de exportación (MGAP, 2013).

En total se colocaron 4 bins de Salustiana, 4 de Lanelate y 8 de Valencia, a partir de los cuales se muestrearon al azar 200 frutos luego de 30 días de almacenamiento (Figura 21). En este momento se evaluó la incidencia y se calculó el índice de daño por frío (IDF) categorizando la severidad del desorden en: (0) sin daño; (1) daño leve y apenas visible; (2) daño medio, visible y que no ocupa la totalidad del fruto o la coloración no es muy oscura; (3) daño severo, visible,

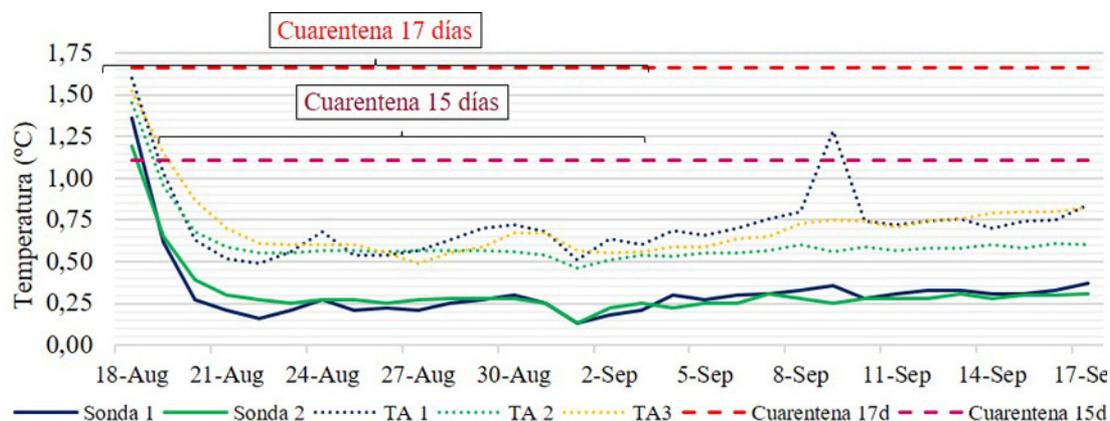


Figura 22. Temperaturas de pulpa (Sonda 1, Sonda 2) y de ambiente (TA1, TA2, TA3) de las diferentes posiciones monitoreadas durante 30 días de almacenamiento en un contenedor comercial setead a 0 °C.

Cuarentena 17d: temperatura límite de 1,67 °C por 17 días; **Cuarentena 15d:** temperatura límite de 1,11 °C por 15 días.

distribuido por todo el fruto y/o con coloración oscura (Lafuente et al., 1997). La mitad de los frutos analizados permaneció a temperatura ambiente durante un período de 7 días, simulando la VC. Pasado este período se realizó la evaluación final.

Resultados y discusión

En la figura 22 se detallan los registros de temperatura ambiente y de pulpa de la fruta durante el almacenamiento refrigerado. Los frutos se cargaron en el contenedor con una temperatura de pulpa de entre 2 y 3 °C. La temperatura de pulpa del fruto alcanzó el valor de cuarentena en 10 horas. Durante el almacenamiento se corroboró la correcta aplicación del tratamiento de cuarentena de 17 días.

El IDF fue mayor en Salustiana tanto a la salida del contenedor como luego de la VC. En esta variedad el desorden se observó en aproximadamente el 50% de los frutos evaluados. En Lanelate y Valencia no se encontraron diferencias respecto al IDF, aunque sí se observó una mayor incidencia en Lanelate (Figura 23). Si bien se observaron diferencias entre variedades en la susceptibilidad al DF, la permanencia en cámara previo al ingreso al contenedor fue variable: Salustiana permaneció 14 días, Lanelate 11

días y Valencia 3 días, por lo que no es posible concluir al respecto.

Previo al ingreso al contenedor, Salustiana estuvo en cámara de frío a 0 °C por 14 días, Lanelate por 11 días y Valencia por 3 días.

Conclusiones

El trabajo realizado comprobó el cumplimiento de las condiciones para la certificación fitosanitaria del envío de fruta empacada en envases de madera tratados y habilitados para exportación, evaluado a través de la verificación del tratamiento de frío requerido para la exportación a Estados Unidos de América. Las temperaturas tanto de pulpa como de ambiente se mantuvieron por debajo de 1,67 °C durante los 30 días de almacenamiento.

En las condiciones en las que se realizó el trabajo, no se recomienda la exportación de Salustiana bajo régimen de temperatura de cuarentena en bins de madera sin otros manejos asociados que permitan minimizar este desorden fisiológico, mientras que Lanelate y Valencia podrían adaptarse fácilmente a la exportación a granel en estas condiciones ensayadas.

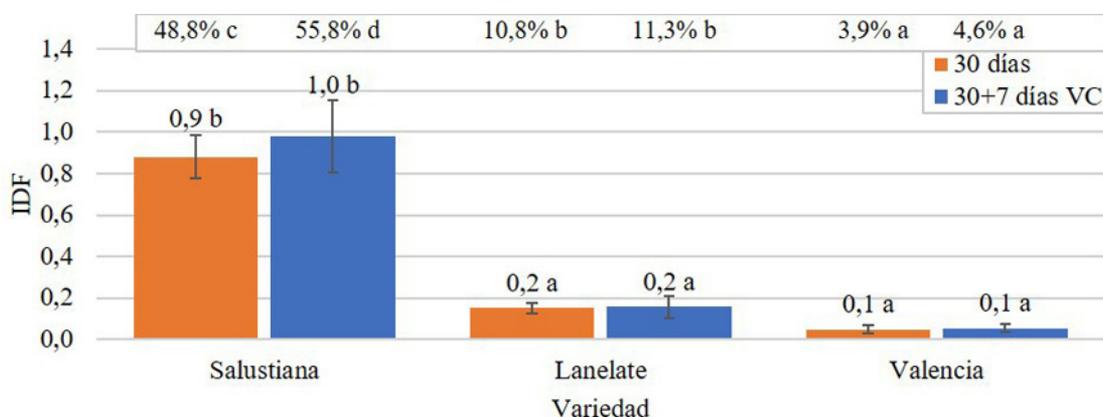


Figura 23. Incidencia (%) y severidad de daño por frío evaluada como el índice de daño por frío (IDF), en naranjas Lanelate, Salustiana y Valencia Midnight, almacenadas durante 30 días a 0 °C más 7 días a temperatura ambiente, simulando la vida de comercial.

Valores en porcentaje corresponden a la incidencia de frutos con DF respecto al total de frutos evaluados. Medias (\pm error estándar) con una letra en común, dentro de IDF y de incidencia de DF, no son significativamente diferentes entre variedades, para cada momento de evaluación (Tukey, $p \leq 0,05$).

9. EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL RÉGIMEN DE TRATAMIENTO CUARENTENARIO POR FRÍO EN NARANJA VALENCIA CARGADA A TEMPERATURA AMBIENTE

Introducción

El protocolo vigente para la exportación de fruta fresca al mercado de Estados Unidos indica que la fruta deber permanecer por debajo del límite de temperatura de cuarentena previo a la carga en el contenedor de exportación (MGAP, 2013). Esta normativa genera inconvenientes en la logística de la fruta, ya que en ciertos momentos es difícil lograr el enfriamiento rápido para el transporte marítimo a tiempo (Padula, D. Com. Pers.). El objetivo del siguiente trabajo fue determinar si es factible realizar la carga de naranjas Valencia a temperatura ambiente en un contenedor comercial, registrar el tiempo necesario para el descenso de la misma hasta temperaturas de cuarentena y confirmar el posterior cumplimiento del tratamiento cuarentenario.

Materiales y métodos

Se realizaron dos ensayos en diferentes fechas con frutos de naranja Valencia procesada previamente en drencher y línea de empaque comercial. En el primer ensayo la fruta se colocó en bines de madera para exportación, mientras que en el segundo se utilizaron pallets con cajas telescópicas de 15 kg. La temperatura de pulpa al momento de la carga fue 15 y 16 °C, respectivamente para ambos ensayos. Se utilizó un contenedor comercial Reefer de 40 pies tipo Artic Store. Al momento de la carga, el sistema de frío se puso en fun-

cionamiento a 0 °C 30 minutos antes. Se colocaron 3 sensores de temperatura de pulpa marca Verigo (Reusable Temperature Data Logger With Probe, rango -80 a 80 °C y precisión de +/- 0,35 °C) en las posiciones establecidas según el protocolo de exportación (MGAP, 2013; Figura 24).

Resultados y discusión

En ambos ensayos, una vez cerrado el contenedor, el descenso de temperatura de los frutos fue constante, sin observarse aumentos en la misma (Figuras 25 y 26).

El descenso de la temperatura hasta el régimen de cuarentena en la fruta cargada en bines de madera fue más rápido para las ubicaciones de los sensores 1 y 2 (3 días) que en la posición 3 (4 días). Una vez alcanzada esta temperatura, los registros se mantuvieron por debajo del límite hasta la apertura del contenedor. Bajo el régimen cuarentenario, la temperatura promedio fue 0,72, 0,80 y 1,16 °C, para las posiciones 1, 2 y 3 respectivamente (Figura 25).

Cuando se cargó el contenedor con Pallets de cajas telescópicas, también se observó una variación de temperatura entre las posiciones monitoreadas, siendo el descenso más rápido en las posiciones 1 (4 días) y 2 (5 días) que en la posición 3 (8 días). Una vez alcanzado el límite de la cuarentena, los registros se mantuvieron por debajo de éste hasta la apertura del contenedor; la tempe-

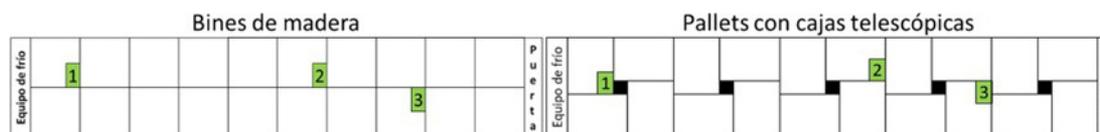


Figura 24. Esquema de carga del contenedor con bines de madera (izquierda) y con pallets con cajas telescópicas (derecha). Ubicación de los diferentes sensores de temperatura según se establece en el protocolo.

1, 2 y 3: Posiciones de las sondas 1, 2 y 3. **Recuadros negros:** «Chimeneas» de ventilación que no fueron cubiertas.

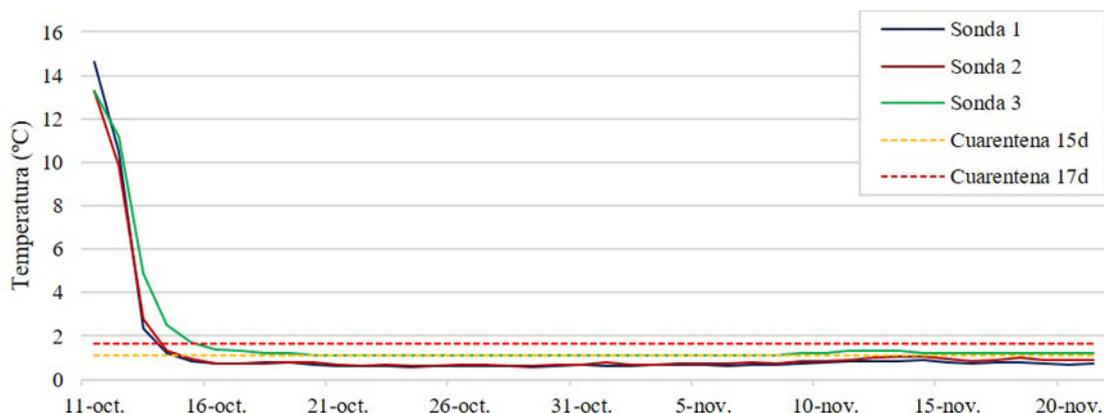


Figura 25. Temperaturas de pulpa de las diferentes posiciones monitoreadas en el contenedor seteado a 0 °C y cargado con bines de madera.

Sonda 1, 2, 3: Sensores de temperatura de pulpa en las posiciones 1, 2 y 3; **Cuarentena 15 d:** temperatura máxima de 1,11 °C; **Cuarentena 17 d:** temperatura máxima de 1,67 °C.

ratura promedio fue 0,78, 0,84 y 1,32 °C, en las posiciones 1, 2 y 3 respectivamente (Figura 26).

El equipo de refrigeración del contenedor libera aire frío por la zona inferior, el mismo circula por debajo del contrapiso y va subiendo a través de los pallets, removiendo el calor de éstos. El aire caliente llega a la parte superior del contenedor y es absorbido por el equipo de refrigeración (Figura 27; RFL 2021). En este sentido, el sensor que se coloca en la posición 1 registraría los va-

lores más altos de temperatura mientras que los sensores de las posiciones 2 y 3 tendrían los registros más bajos.

Las temperaturas más altas encontradas en la posición 3 reafirman la importancia de realizar el monitoreo de temperatura en diferentes zonas del contenedor. Una de las causas por la cual los registros fueron diferentes puede deberse a que el aire frío no circuló en su totalidad a través de los bines o pallets. En el contenedor existen espacios entre los bines o «chimeneas» de venti-

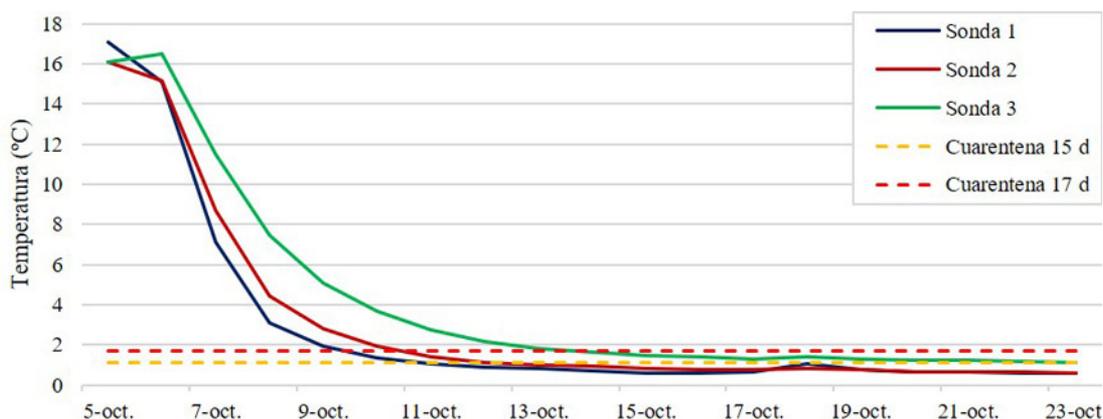


Figura 26. Temperaturas de pulpa de las diferentes posiciones monitoreadas en el contenedor seteado a 0 °C cargado con pallets de cajas telescópicas.

Sonda 1, 2, 3: Sensores de temperatura de pulpa en las posiciones 1, 2 y 3; **Cuarentena 15 d:** temperatura máxima de 1,11 °C; **Cuarentena 17 d:** temperatura máxima de 1,67 °C.

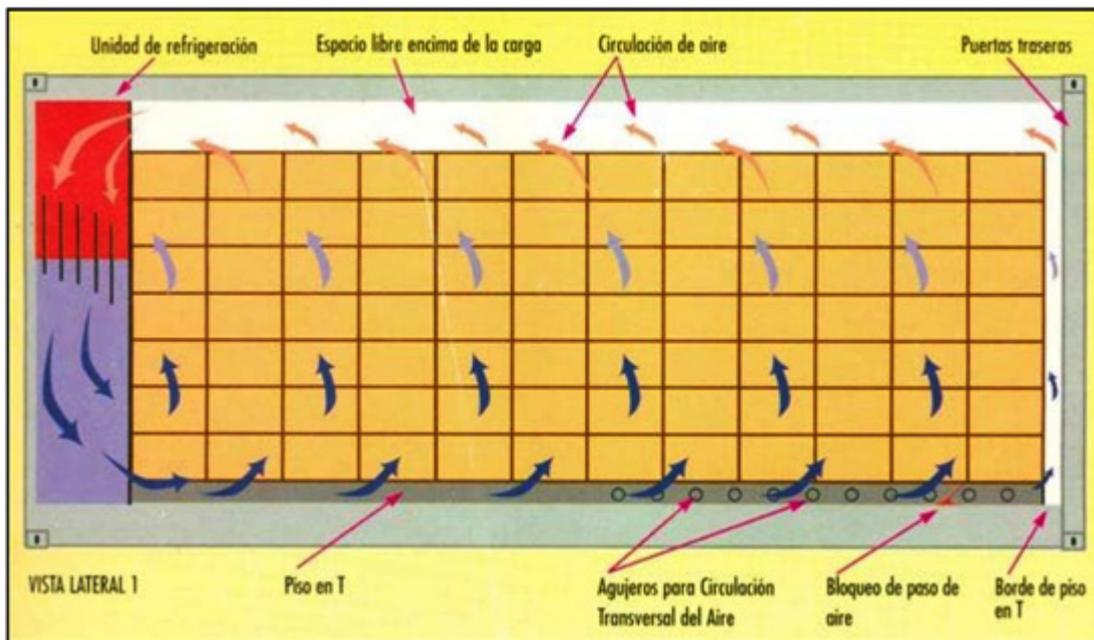


Figura 27. Vista en corte longitudinal de un contenedor frigorífico. Fuente: Transporte frigorífico de ajo para consumo, INTA 2012.

lación entre los pallets que no fueron cubiertas y que generalmente no se cubren (Figura 24, cuadrados negros), por las cuales circula el aire frío que puede alterar la dinámica de la temperatura en el contenedor.

La temperatura cuarentenaria se alcanzó más rápido en la carga a granel (máximo de 4 días) que en cajas telescópicas (máximo de 8 días).

Conclusiones

La carga de naranjas con temperatura de pulpa de 15-16 °C en un contenedor comercial demora un máximo de 4 días (bins a granel) o de 8 días (pallets de cajas telescópicas) en alcanzar la temperatura cuarentenaria. Existen diferencias en la temperatura de pulpa entre los frutos localizados en diferentes puntos, por lo que es clave monitorear el mayor número de puntos posibles. A continuación, la temperatura permanece bajo el límite establecido y permite el adecuado cumplimiento del protocolo establecido.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

En este compendio se realizó una selección de los principales resultados de investigación en el marco de la red tecnológica sectorial para la innovación en postcosecha de frutos cítricos. Los resultados obtenidos y las diferentes propuestas llevaron a las empresas a tomar decisiones de cambios tecnológicos en diferentes puntos del proceso postcosecha. Los cambios realizados optimizaron los procesos de producción, generando nuevos conocimientos de apoyo a la toma de decisiones empresariales y mejorando la competitividad de los cítricos uruguayos en el mercado internacional.

Esta modalidad de trabajo afianzó el vínculo ya existente entre las empresas cítricas y la investigación, logrando a través del técnico referente, realizar evaluaciones de carácter científico aplicada *in situ* en cada empresa participante, así como fortalecer la identificación de nuevas necesidades específicas de investigación. En el mismo sentido, esta modalidad de trabajo estrechó los lazos interempresariales, favoreciendo el diálogo y la comunicación entre

los técnicos de cada empresa y fomentando las mesas de trabajo amplias, donde se discuten y analizan diferentes temáticas.

La identificación y superación de algunos cuellos de botella favorece la competitividad de las empresas y el ingreso o mantenimiento de mercados exigentes en calidad e inocuidad. En el corto, mediano y largo plazo se visualizan nuevos desafíos como la restricción de productos fungicidas, que han llevado a la búsqueda de alternativas; la apertura de nuevos mercados y negociación de protocolos de exportación junto con el ministerio de ganadería agricultura y pesca (MGAP); la aplicación de nuevas tecnologías que sostenga la exportación de variedades susceptibles a daños por frío a destinos que exigen tratamientos cuarentenarios con bajas temperaturas. Las empresas cítricas uruguayas, conscientes del desafío que conlleva producir fruta de calidad para mercados distantes, destacan la modalidad de trabajo en I+D en red como herramienta clave para lograrlo.

AGRADECIMIENTOS

A los equipos de Postcosecha, Calidad y Fitopatología de INIA Salto Grande. A Fernando Bello y Vanesa Lare de INTA Concordia por el apoyo en la determinación de acetaldehído y etanol. Agradecemos a las empresas Enzur, Concentrol, Citrosol y Sanicitrus que brindaron sus productos para las evaluaciones y al equipo de trabajo

del proyecto conformado por las empresas exportadoras URUDO'R, Citrícola Salteña, SAMIFRUIT, Noridel, Forbel y Camposol agrupadas en UPEFRUY. La investigación que da origen a los resultados recibió fondos de ANII bajo el código RTS_1_2016_1_127275.

- Ackerman y Montes** 2020. Citricultura: situación y perspectivas. En: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Anuario 2019 OPYP: Análisis sectorial y cadenas productivas, temas de política, estudios: pp. 245-268.
- Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J.A., Robledo C.W.** 2008. Infostat. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.
- Cocco, M.** 2005. Determinación de resistencia a fungicidas tradicionales en cepas de *Penicillium digitatum* y *Penicillium italicum* en distintas quintas y empaques de la región. 104-107. En: Vázquez, D. E.; Meier, G. E. y Cocco, M. Actas del II Seminario Internacional de Poscosecha de Cítricos. Ediciones INTA. Argentina.
- Cohen E, Shalom Y, Resenberger I.** 1990. Postharvest ethanol build-up and off-flavor in 'Murcott' tangerine fruits. Journal of the American Society for Horticultural Science 115(5):775-8.
- Czerny M, Christlbauer M, Christlbauer M, Fischer A, Granvogl M, Hammer M, Hartl C, Moran Hernandez N, Schieberle P.** 2008. Re-investigation on odour thresholds of key food aroma compounds and development of an aroma language based on odour qualities of defined aqueous odorant solutions. European Food Research and Technology 228:265-73.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W.** InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- DIEA.MGAP** 2020. Encuesta cítrica «Primavera 2019». Serie encuestas N°361. 12 p.
- Dou H.** 2004. Effects of coating application on chilling injury of grapefruit cultivars. HortScience 39 (3): 558-561
- Eckert J W, Brown G E.** 1986. Evaluation of postharvest fungicide treatments for Citrus fruits In: Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogens. Kenneth D. Hickey (Ed). St. Paul: APS Press. pp. 92 - 97.
- Erasmus A, Lennox CL, Korsten L, Lesar K, Fourie PH.** 2015. Imazalil resistance in *penicillium digitatum* and *P. italicum* causing citrus postharvest green and blue mould: Impact and options. Postharvest Biology and Technology 107:66-76.
- European Commission, Directorate-General for Health and Food Safety.** 2018. Commission Implementing Regulation (EU) 2018/1865. In: Official Journal of the European Union. http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2018/1865/oj
- European Commission, Directorate-General for Health and Food Safety.** 2021. Commission Regulation (EU) 2021/155. In: Official Journal of the European Union. <http://data.europa.eu/eli/reg/2021/155/oj>
- FAO, Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, OMS Organización mundial de la salud.** 2007. Codex Alimentarius, frutas y hortalizas frescas. 1° ed. Roma. 204 p.
- Hall D J.** 1981. Innovations in citrus waxing – an over-view. Proceedings Florida State Horticultural Society 94: 258-263.
- Hassan Z H, Lesmayati S, Qomariah R, Hasbianto A.** 2014. Effects of wax coating applications and storage temperatures on the quality of tangerine citrus (*Citrus reticulata*) var. Siam Banjar. International Food Research Journal 21 (2): 641-648.
- Lado, J., Luque, E., Blanco, O., Pérez Faggiani, E.,** 2011. Evaluación de alternativas para el control poscosecha de aislamientos de *Penicillium digitatum* resistentes a imazalil. Agrociencia (Uruguay) 15: 55-63.

- Lado J, Pérez E, De Nigris A, Dol I, Knochen M.** 2013. Residuos en frutos de naranja del fungicida imazalil aplicado en postcosecha y su efecto en el control de moho verde. *Agrociencia (Uruguay)* 17: 83-90.
- Lado, J., Pérez, E., Besil, N., Heinzen, H., Varela, P., Luque, E., Pintos, P., Blanco, O., Rivas F.** 2015. Manejo de fungicidas y sales en el control de patógenos postcosecha. En: INIA, Programa Nacional Producción Citrícola. Resultados de investigación en Citricultura: Genética, Sanidad, Productividad. (Serie Actividades de Difusión; 752). pp. 55-60.
- Lado, J., Pintos, P., Luque, E., Moltini, A.I.** 2016. Aplicación de bajas temperaturas en la postcosecha de los frutos cítricos: estrategias para minimizar el daño por frío. En: INIA. Postcosecha de frutos cítricos: Estudio del daño por frío y control de patógenos. Jornada de divulgación. Serie de Actividades de Difusión 770: 3-15.
- Lado, J., Cronje, P.J.R., Rodrigo, M.J., Zacarias, L.,** 2019. Postharvest physiological disorders of citrus fruits. In: de Freitas, S.T., Pareek, S. (Eds.), *Postharvest Physiological Disorders of Fruits and Vegetables*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 321–342.
- MGAP-DGSA.** 2013. Workplan for the phytosanitary certification of fresh citrus fruit and their hybrids for export to the continental United States (Version 1.0). En: https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/protolo_exportacion_citricos_a_estados_unidosi.pdf
- MGAP-DGSA.** 2017. Estándar Fitosanitario, Sección 1. Procedimientos de Certificación Fitosanitaria 1.2. Sistema de Certificación Fitosanitaria de Frutas Cítricas (SCFFC) de Exportación (Revisión 1.4). Uruguay.
- Mckay et al.** 2012. Toxicity and resistance potential of selected fungicides to *Galactomyces* and *Penicillium spp.* causing postharvest fruit decays of citrus and other crops. *Plant Disease* 96 (1):87-96.
- Meier GE, Ponte E, Vázquez DE.** 2004. Contenido de acetaldehído y etanol en naranjas y mandarinas durante la postcosecha. *INTA RIA.* 33 (1): 135-150.
- Njombolwana, N.S., Erasmus, A., Fourie, P.H.,** 2013a. Evaluation of curative and protective control of *Penicillium digitatum* following imazalil application in wax coating. *Postharvest Biology and Technology* 77: 102–110.
- Obenland D, Collin S, Sievert J, Arpaia ML.** 2013. Mandarin flavor and aroma volatile composition are strongly influenced by holding temperature. *Postharvest Biology and Technology* 82: 6-14.
- Obenland D, Arpaia M L.** 2019. Effect of harvest date on off-flavor development in mandarins following postharvest wax application. *Postharvest Biology and Technology* 149: 1-8.
- Palou L.** 2018. Postharvest treatments with GRAS salts to control fresh fruit decay. *Horticulturae* 4: 46.
- Pérez E, Blanco O, Berreta C, Dol I, Lado J.** 2011. Imazalil concentration for in vitro monitoring of imazalil resistant isolates of *Penicillium digitatum* in citrus packinghouses. *Postharvest Biology and Technology* 60: 258–262.
- Pérez E, Besil N, Heinzen H, Lado J.** 2015. Pudrición amarga: evaluación de Fruitgard pz100 (p.a. Propiconazole) para el control de *Geotrichum citri aurantii*. En: INIA, Programa Nacional Producción Citrícola. Resultados de investigación en Citricultura: Genética, Sanidad, Productividad. (Serie Actividades de Difusión; 752). pp. 61-64.
- Pérez, E., Sbres, M., Guimaraens, A., Blanco, O., Alves, P.** 2019. Efecto de diferentes sales para el control de la podredumbre amarga de los cítricos. En: INIA, Programa Nacional Producción Frutícola. Resultados de Investigación en Postcosecha de Frutos Cítricos. Jornada de divulgación. (Serie Actividades de Difusión; 794). pp-33-36.
- Pérez-Faggiani, E.** 2017. Propiconazole. Estudios para el control de la podredumbre amarga en cítricos. En: Libro de Resúmenes I Congreso Argentino de Biología y Tecnología Poscosecha - IX Jornadas Argentinas de Biología y Tecnología Poscosecha, 25 al 27 de octubre 2017, Concordia, Entre Ríos, Argentina. ISBN 978-950-698-415-1

- Plaza, P., Usall, J., Teixidó, N., Viñas, I.**, 2003. Effect of water activity and temperature on germination and growth of *Penicillium digitatum*, *P. italicum* and *Geotrichum candidum*. *Journal of Applied Microbiology* 94: 549-554.
- RFL**. 2021. ¿Cómo funciona un contenedor reefer? Consultado abril 2021. <https://rflcargo.com/funcionamiento-contenedor-reefer/>
- Salvo, M.; Rey, F.; Arruabarrena, A.; Gambetta, G.; Rodrigo, M.J.; Zacarías, L.; Lado, J.** 2021. Transcriptional analysis of C-Repeat binding factors in fruit of Citrus species with differential sensitivity to chilling injury during postharvest storage. *International Journal of Molecular Sciences* 22: 804.
- Smilanick, J. L.; Mansour, M. F.; Gabler, F. M.; Sorenson, D.** 2008. Control of citrus postharvest green mold and sour rot by potassium sorbate combined with heat and fungicides. *Postharvest Biology and Technology* 47: 226–238.
- Soto-Muñoz, L., Taberner, V., de la Fuente, B., Jerbi, N., Palou, L.** 2020. Curative activity of postharvest GRAS salt treatments to control citrus sour rot caused by *Geotrichum citri-aurantii*. *International Journal of Food Microbiology* 335.
- Talibi, I., Boubaker, H., Boudyach, E. H., Ait Ben Aoumar, A.** 2014. Alternative methods for the control of postharvest citrus diseases. *Journal of Applied Microbiology*, 117(1): 1-17.
- Vázquez D, Panozzo M, Almirón N, Bello F, Burdyn L, Garrán S.** 2014. Characterization of sensitivity of grove and packing house isolates of *Penicillium digitatum* to pyrimethanil. *Postharvest Biology and Technology* 98:1-6.
- Zacarías, L., Cronje, P.J.R., Palou, L.**, 2020. Postharvest technology of citrus fruits. In: Talon, M., Caruso, M., Gmitter Jr., F.G. (Eds.), *The Genus Citrus*. pp. 421-446.

INIA Dirección Nacional

Avenida Italia 6201,
Ed. Los Guayabos,
Parque Tecnológico LATU.
Montevideo
Tel.: 2605 6021
inia@inia.org.uy

INIA La Estanzuela

Ruta 50, Km 11
Colonia
Tel.: 598 4574 8000
Fax: 598 4574 8012
iniale@le.inia.org.uy

INIA Las Brujas

Ruta 48, Km 10
Canelones
Tel.: 598 2367 7641
Fax: 598 2367 7609
inia_lb@lb.inia.org.uy

INIA Salto Grande

Camino al Terrible
Salto
Tel.: 598 4733 5156
Fax: 598 4732 9624
inia_sg@sg.inia.org.uy

INIA Tacuarembó

Ruta 5, Km 386
Tacuarembó
Tel.: 598 4632 2407
Fax: 598 4632 3969
iniatbo@tb.inia.org.uy

INIA Treinta y Tres

Ruta 8, Km 281
Treinta y Tres
Tel.: 598 4452 2023
Fax: 598 4452 5701
iniatt@tyt.inia.org.uy

www.inia.uy