

“EFECTO DE LA DESVERDIZACIÓN EN EL DESARROLLO DE LAS PODREDUMBRES VERDE Y AZUL EN MANDARINAS CLEMENTINAS”

MASTER EN GESTION Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Alumno:

Pedro Antonio Moscoso Ramírez

Director:

Dr. Lluís Palou Vall

Tutora:

Dra. María Dolores Ortolá Ortolá

Centro:

Centro de Tecnología Postcosecha - IVIA

EFECTO DE LA DESVERDIZACIÓN EN EL DESARROLLO DE LAS PODREDUMBRES VERDE Y AZUL EN MANDARINAS CLEMENTINAS

Pedro Antonio Moscoso Ramírez¹

Lluís Palou Vall¹

María Dolores Ortolá Ortolá²

RESUMEN

Se estudió el efecto de la desverdización comercial con etileno en la susceptibilidad del fruto y en el desarrollo de las podredumbres verde y azul, causadas por *Penicillium digitatum* y *P. italicum*, en mandarinas 'Clemenpons' y 'Clemenules' procedentes del área de Valencia. Los frutos fueron sometidos a dos tratamientos: desverdizado y no desverdizado. El desverdizado fue realizado de manera comercial en condiciones estándar (2 ppm de etileno durante 3-4 días a 21°C y HR>90%). El tratamiento del no desverdizado fue mantenido en las mismas condiciones ambientales que las del primer tratamiento, pero sin aplicación de etileno exógeno. Para conocer la susceptibilidad, los frutos fueron inoculados con una suspensión de esporas de *P. digitatum* y *P. italicum* a la concentración de 10⁵ esporas ml⁻¹ después del desverdizado e incubados a 20 °C, mientras que para saber la influencia en el desarrollo de los hongos, la inoculación fue antes del desverdizado y los frutos se almacenaron a temperaturas de 20 y 5 °C. Se evaluó la incidencia (%), severidad (mm) y esporulación (%). Además, se midieron parámetros de calidad externa e interna del fruto en ambos tratamientos. El desverdizado no reveló ningún efecto significativo sobre la susceptibilidad de los frutos a las podredumbres verde y azul para los cultivares 'Clemenpons' y 'Clemenules'. Asimismo, el desverdizado tampoco tuvo un efecto significativo sobre el crecimiento de las podredumbres verde y azul en frutos de los cultivares 'Clemenpons' y 'Clemenules' conservados a temperaturas de 20 y 5 °C. Por otra parte, los parámetros de calidad externa e interna de las clementinas no fueron afectados por el desverdizado. Estos resultados confirman y sustentan el uso comercial común de la desverdización por parte de la industria cítrica tomando en cuenta que este proceso no tiene un impacto negativo en la incidencia de las podredumbres verde y azul, las de mayor importancia económica en nuestras condiciones, ni en la calidad externa e interna de las mandarinas clementinas.

¹ Centro de Tecnología Postcosecha, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) Carretera Moncada-Náquera Km 4.5, Moncada, Valencia.

² Instituto de Ingeniería de alimentos para el desarrollo, Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n.

Palabras clave: mandarina clementina, desverdizado, enfermedades de poscosecha, *Penicillium digitatum*, *P. italicum*, podredumbre verde, podredumbre azul, calidad

RESUM

Va estudiar-se l'efecte de la desverdització comercial amb etilè en la susceptibilitat del fruit i en el desenrotllament de les podridures verda i blava, causades per *Penicillium digitatum* i *P. italicum*, en mandarines 'Clemenpons' i 'Clemenules' procedents de l'àrea de València. Els fruits es van sotmetre a dos tractaments: desverditzat i no desverditzat. El desverditzat es va realitzar de manera comercial en condicions estàndar (2 ppm de etilè durant 3-4 dies a 21 °C i HR>90%). El tractament de no desverditzat es va mantenir a les mateixes condicions ambientals que les del primer tractament, però sense aplicació d'etilè exogen. Per conèixer la susceptibilitat, els fruits es van inocular amb una suspensió d'espores de *P. digitatum* i *P. italicum* a la concentració de 10^5 espores ml⁻¹ després del desverditzat i es van incubar a 20 °C, mentre que per saber la influència en el desenrotllament dels fongs, la inoculació va ser abans del desverditzat i els fruits es van emmagatzemar a temperatures de 20 i 5 °C. Es va avaluar la incidència (%), severitat (mm) i esporulació (%). A més, es van mesurar paràmetres de qualitat externa i interna del fruit en ambdós tractaments. El desverditzat no va revelar cap efecte significatiu sobre la susceptibilitat dels fruits a les podridures verda i blava per als cultivars 'Clemenpons' i 'Clemenules'. Així mateix, el desverditzat tampoc va tindre un efecte significatiu sobre el creixement de les podridures verda i blava en fruits dels cultivars 'Clemenpons' i 'Clemenules' conservats a temperatures de 20 i 5 °C. D'altra banda, els paràmetres de qualitat externa i interna de les clementines no van ser afectats pel desverditzat. Estos resultats confirmen i sustenten l'ús comercial comú del desverditzat per part de la indústria citrícola tenint en compte que este procés no té un impacte negatiu en la incidència de les podridures verda i blava, les de major importància econòmica en les nostres condicions, ni en la qualitat externa i interna de les mandarines clementines.

Paraules clau: mandarina clementina, desverditzat, malalties de postcollita, *Penicillium digitatum*, *P. italicum*, podridura verda, podridura blava, qualitat.

SUMMARY

The effect of commercial degreening with ethylene on the susceptibility of the fruit and the development of citrus postharvest green and blue molds, caused by *Penicillium digitatum* and *P. italicum*, respectively, on mandarins 'Clemenpons' and 'Clemenules' from the Valencia area was studied. Two different treatments were assayed: fruit degreening and non-degreening. Degreening was performed under standard commercial conditions (exposure to 2 ppm of ethylene for 3-4 days at 21°C and RH> 90%). Mandarins for the non-degreening treatment was maintained in the same environmental conditions without application of exogenous ethylene. In order to assess the fruit susceptibility, the mandarins were inoculated with *P. digitatum* or *P. italicum* at 10^5 spores ml⁻¹ after fruit degreening and incubated at 20 °C, whereas to know the influence on fungal development, the inoculation was performed before the degreening treatment and the fruit were stored at both 20 and 5 °C. Disease incidence (%), severity (mm), and sporulation (%) were determined at the end of the storage periods. In addition, external and internal fruit quality parameters were also assessed. There was no significant effect of the degreening procedure on the susceptibility of the fruit to green and blue molds on both 'Clemenpons' and 'Clemenules' cultivars. Furthermore, fruit degreening did not influence decay development during storage at both 20 and 5 °C. On the other hand, external and internal clementine quality was not affected by degreening application. These results confirm and sustain the commercial common use of degreening treatments by the Spanish citrus industry, considering that this procedure does not have a negative impact on either the incidence of green and blue molds, the most economically important postharvest diseases in our growing conditions, or the external and internal quality of clementine mandarins.

Keywords: clementine mandarin, degreening, postharvest diseases, *Penicillium digitatum*, *P. italicum*, green mold, blue mold, quality

INTRODUCCIÓN

El color externo de los frutos cítricos está más relacionado con condiciones climáticas que con la madurez interna. La apariencia externa de los cítricos es usada por los consumidores como un indicador de calidad (Terblanche, 1999). El cambio de color es un proceso por el cual la fruta verde se torna a un color amarillo y naranja. El proceso se caracteriza por la degeneración de tilacoides en los cloroplastos de la piel, al mismo tiempo es acompañado por decremento de carotenogénesis, degradación de clorofila y finalmente un incremento en biosíntesis de carotenoides (Terblanche, 1999). La desverdización en cítricos provoca un decremento en el contenido de azúcar debido al incremento de respiración que utiliza azúcar como fuente de energía (Seymour et al., 1993). La desverdización de frutos cítricos con etileno es una práctica comercial común en frutos de estación precoz (Brown and Miller, 1999). España inició la aplicación del tratamiento de desverdización en la década de los cincuenta del pasado siglo y extendió su uso en la siguiente década. Actualmente el volumen de fruta que es sometida a la desverdización es de 1,5 millones de toneladas, que representa casi un tercio de la producción anual de cítricos (Cuquerella, 1997). Por otra parte, las podredumbres verde y azul causadas por *Penicillium digitatum* Sacc y *P. italicum* Wehmer, respectivamente, son las enfermedades de poscosecha de cítricos de mayor importancia económica en todo el mundo. Sin embargo, es limitada la información existente sobre el efecto que pudiera tener la desverdización en la incidencia y desarrollo de las enfermedades de poscosecha de los cítricos, particularmente de las podredumbres verde y azul. El etileno activa el mecanismo de defensa del tejido natural de la fruta, incrementando la resistencia a podredumbres por hongos (Pool and Gray, 2002). En Florida, la pudrición de pedúnculo causada por *Diplodia natalensis* es una enfermedad importante de frutos cítricos desverdizados con etileno, en donde concentraciones de etileno a razón de 5-10 μL en naranja 'Valencia' son requeridas para la desverdización óptima, pero con su uso se alcanzó una incidencia del 30% de la enfermedad, mientras que en fruta no desverdizada la incidencia fue del 3% (Brown, 1986). Algunos de los esporádicos estudios mencionan que la incidencia de pudrición de pedúnculo causada por *D. natalensis* en el cultivar 'Valencia' aumentó de acuerdo al incremento de concentración de etileno de 0 a 50 μL de aire (Barmore and Brown, 1985). Otro estudio reveló que el pretratamiento con etileno antes de la inoculación con *P. italicum* resultó en una reducción menor de tamaño de lesión (El-kazzaz et al., 1983). En otro estudio más reciente se encontró que el etileno redujo la incidencia de la podredumbre verde en frutos no heridos sumergidos en una suspensión conidial de *P. digitatum*. Sin embargo, en este mismo estudio, el etileno no tuvo ningún efecto en la incidencia de la enfermedad cuando el patógeno fue inoculado sobre heridas en el fruto afectando el flavedo y albedo (Cajuste et al., 2009). Otras investigaciones indicaron que el tratamiento con etileno redujo la apariencia de podredumbres causadas por *P. digitatum* y *P. italicum* (Poole and Gray, 2002). Algunas variedades tales como la 'Robinson' e híbridos de mandarinas cosechadas tempranas son

particularmente susceptibles a la antracnosis después del desverdizamiento (Melvin, 1967). El presente trabajo tuvo como propósito conocer el efecto de la desverdización comercial con etileno en la incidencia y el desarrollo de las podredumbres causadas por *P. digitatum* y *P. italicum* en los cultivares de mandarinas 'Clemenpons' y 'Clemenules', ambas pertenecientes al grupo de las clementinas, así como también el efecto de la desverdización en los parámetros de calidad del fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en el Laboratorio de Patología del Centro de Tecnología Poscosecha (CTP) y en la planta piloto del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) localizado en Moncada, Valencia durante el periodo del mes de Octubre del 2008 al mes de Noviembre del 2009.

Efecto del desverdizado en la susceptibilidad del fruto y en el desarrollo de las podredumbres verde y azul

PREPARACIÓN DE LOS FRUTOS

Se utilizaron frutos del cultivar 'Clemenpons' con índice de color de $-0,07$ y del cultivar 'Clemenules' con índice de color de $-6,5$, procedentes del área productora de Valencia. Los frutos fueron previamente lavados con agua y desinfectados superficialmente con agua clorada al 0,5% por inmersión durante 2 min y posteriormente fueron lavados con agua para eliminar el cloro residual de los frutos desinfectados.

DESVERDIZADO DE FRUTOS

Los frutos fueron colocados en cajas de plástico y fueron llevados a la cámara de desverdización comercial de la central citrícola "Fontestad" durante 3 días para el caso de 'Clemenpons' y durante 4 días para el caso de 'Clemenules', aplicándoles una dosis de 2 ppm de etileno y manteniéndolos a humedad relativa (HR) superior al 90% con temperatura de 21 °C. Para el tratamiento del no desverdizado, las condiciones de temperatura y HR fueron las mismas que las del primer tratamiento, pero sin aplicación de etileno exógeno.

TRATAMIENTOS

Los frutos fueron sometidos a dos tratamientos: desverdizado y no desverdizado. Cada tratamiento consistió de cuatro repeticiones de 10 frutos cada una y los frutos fueron seleccionados al azar y colocados en charolas por cada tratamiento. Para evaluar el efecto del desverdizado en la

susceptibilidad de los frutos a las podredumbres, los hongos *P. digitatum* y *P. italicum* fueron inoculados artificialmente después del desverdizado y los frutos inoculados fueron incubados a 20 °C durante 7 días y evaluados cada 3 días para determinar la incidencia y severidad de las podredumbres. Por otro lado, para evaluar el efecto del desverdizado en el desarrollo de las podredumbres, estos mismos hongos fueron inoculados en los frutos antes del desverdizado y estos frutos fueron incubados en dos condiciones de conservación frigorífica a 5 °C y simulación de la comercialización (almacenamiento) a 20 °C.

PREPARACIÓN DEL INÓCULO DE *P. digitatum* Y *P. italicum*

Los hongos inoculados procedieron de aislamientos puros del Laboratorio de Patología del CTP del IVIA. *P. digitatum* y *P. italicum* fueron sembrados en placas petri con medio de cultivo patata dextrosa agar (PDA) e incubados en la oscuridad a 25°C durante 7-14 días. Una cantidad adecuada de conidios y micelio de ambas especies de hongo, se tomaron mediante un asa de siembra estéril de la superficie del agar en placas petri, y con ella se preparó una suspensión de conidios en tubos de ensayo conteniendo una dilución estéril de 0,05% (p/v) Tween 80 en agua destilada. La suspensión de conidios se filtró mediante una gasa para separar los conidios de los restos de micelio. La concentración de esporas de esta suspensión se determinó mediante un hemacitómetro y se diluyó con agua destilada estéril hasta una concentración final de 10⁵ esporas/ml.

INOCULACIÓN

Conidios de los hongos *P. digitatum* y *P. italicum* fueron inoculados en los frutos con un punzón de acero inoxidable con una punta de 1mm de diámetro y 2 mm de longitud con previo mojado en la suspensión de esporas. La inoculación de los frutos se realizó aproximadamente 2 horas antes del desverdizado para evaluar el efecto en el desarrollo del hongo y 2 horas después del desverdizado para evaluar la susceptibilidad de los frutos a los hongos. Las inoculaciones se realizaron en la zona ecuatorial del fruto.

VARIABLES

Las variables respuestas evaluadas fueron: incidencia (número de frutos enfermos expresado en %), severidad (diámetro de lesión en mm) y esporulación (número de frutos con lesiones esporuladas expresada en %).

Efecto de la desverdización en la calidad de mandarinas clementinas

CALIDAD EXTERNA

La calidad externa fue medida en ambas mandarinas clementinas: 'Clemenpons' y 'Clemenules' en frutos procedentes de la región de Valencia pertenecientes a la campaña 2008-2009. Particularmente para el cultivar

'Clemenpons' se repitió el mismo experimento con frutos de la campaña 2009-2010. El color (determinado por la clorofila y los pigmentos carotenoides que hace que la fruta sea verde y naranja, respectivamente) fue medido antes y después de la desverdización a través de un colorímetro triestímulo que mide los parámetros de Hunter (a, b y L) y calcula el índice de color ($IC=1000a/L.b$). Se midieron los siguientes parámetros de calidad externa: firmeza de la piel, fuerza necesaria para liberar aceite esencial y resistencia de la piel a la rotura. La firmeza de la piel se midió en 20 frutos usando un texturómetro (Instron modelo 2519-104, capacidad 500N) aplicando un kilogramo de fuerza y midiendo el porcentaje de deformación de los frutos. Asimismo, el mismo texturómetro fue usado para medir la resistencia de la piel a la rotura (kgf) en 30 frutos usando un punzón de 5 mm de diámetro para romper el flavedo y albedo del fruto. Por último, la fuerza necesaria para liberar aceite esencial de la corteza (FNLAE) fue medida en 20 frutos y consistió en presionar la piel del fruto con un penetrómetro manual hasta conseguir la liberación de aceite esencial, registrándose la fuerza aplicada en kilogramos.

CALIDAD INTERNA

Frutos de los cultivares 'Clemenpons' y 'Clemenules' desverdizados y no desverdizados fueron seleccionados al azar y se les extrajo el zumo para medir los parámetros de calidad interna: acidez (g de ácido cítrico/100 ml de zumo), grados bríx (sólidos solubles totales), índice de madurez (grados brix/acidez) y pH. Se realizaron tres repeticiones con 8 frutos por cada repetición. La calidad interna inicial también fue realizada.

Análisis estadísticos

Los datos de desarrollo de las enfermedades y de calidad de fruto fueron analizados estadísticamente usando el análisis de la varianza (ANOVA) mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS 4.1. Para el caso de los datos de desarrollo de las enfermedades, los valores de porcentajes de incidencia y esporulación, el ANOVA se aplicó al arcoseno de la raíz cuadrada de los porcentajes de frutos podridos.

La comparación entre los valores de las medias se determinó a través de la prueba de la mínima diferencia significativa (MDS) con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del desverdizado en la susceptibilidad de frutos de mandarina 'Clemenpons' a las podredumbres verde y azul

La incidencia de la podredumbre verde en mandarina 'Clemenpons' fue del 100% en ambos tratamientos. Asimismo, la incidencia de la podredumbre azul fue de 87,5% en frutos desverdizados comparado con frutos no desverdizados, 97,5%. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre los valores de las medias de ambos tratamientos (Figura 1).

La severidad de la podredumbre verde fue la misma tanto para frutos desverdizados y no desverdizados, 151,2 y 151,7 mm, respectivamente. Respecto a la podredumbre azul los resultados revelaron que no existieron diferencias significativas entre los frutos desverdizados y no desverdizados, con valores de severidad de 65,72 y 71,28mm, respectivamente (Figura 1). Este resultado coincide con otro en donde se reportó una reducción ligera en el tamaño de la lesión bajo un pretratamiento con etileno antes de la inoculación con *P. italicum* (El-kazzaz et al., 1983).

La podredumbre verde presentó un 100% de esporulación tanto en frutos desverdizados y no desverdizados, mientras que en la podredumbre azul, la esporulación fueron de 87,5 y 95% en los frutos desverdizados y no desverdizados, respectivamente, pero tampoco presentaron diferencias estadísticas significativas.

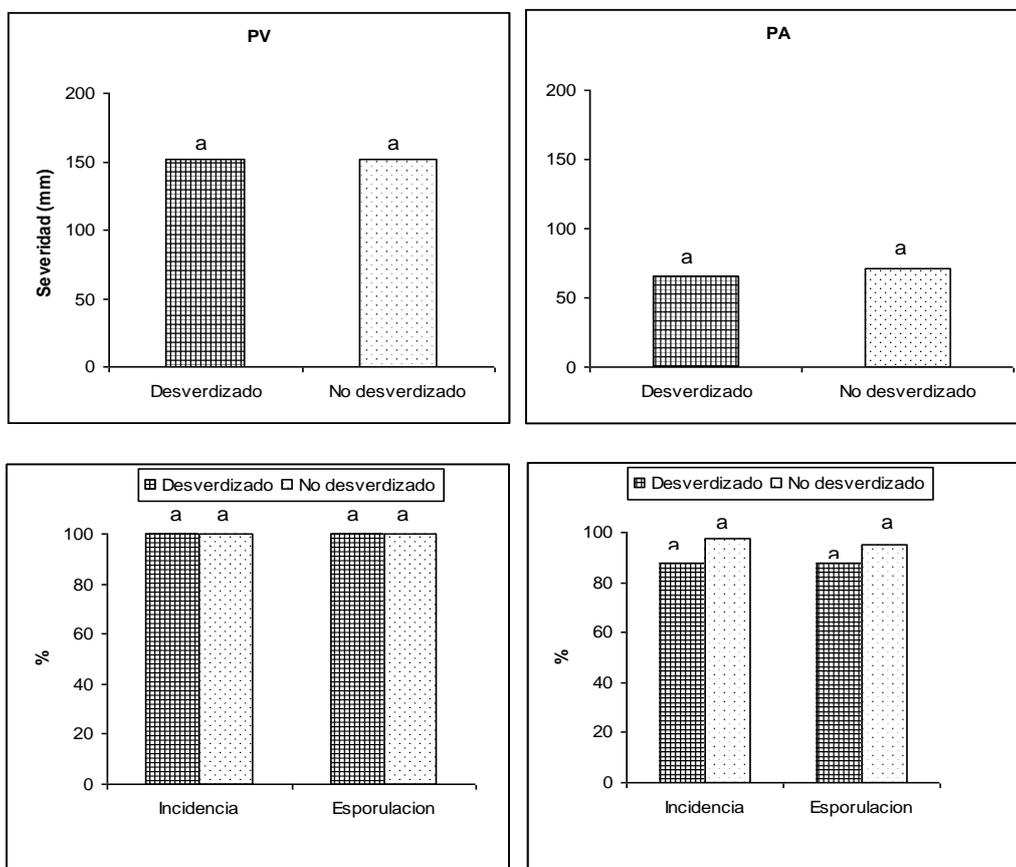


FIGURA 1. Incidencia (%), severidad (mm) y esporulación (%) de las podredumbres verde (PV) y azul (PA) causadas por *P. digitatum* y *P. italicum* inoculados artificialmente después del desverdizado en mandarina 'Clemenpons'. Índice de color inicial en los frutos de -0,07. Frutos examinados tras 7 días de incubación a 20 °C con HR del 90%. La desverdización fue realizada en cámaras comerciales con 2 ppm de etileno a una temperatura de 21 °C y HR superior al 90% durante 3 días. Campaña 2008-2009.

Efecto del desverdizado en el desarrollo de las podredumbres verde y azul en frutos de mandarina 'Clemenpons'

PODREDUMBRES VERDE Y AZUL A 20 °C

La incidencia de podredumbre verde en la campaña 2008-2009 fue del 81,8 y 91,7% en frutos desverdizados y no desverdizados, respectivamente. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre ambos tratamientos. La incidencia de la podredumbre azul fue bastante similar entre los frutos desverdizados y no desverdizados, con valores de 100 y 97,5%, respectivamente (Figura 2).

La podredumbre verde presentó valores de severidad del 132,9 y 145,5 mm, para frutos desverdizados y no desverdizados, respectivamente; no obstante, no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Contrariamente, la severidad de la podredumbre azul reveló 52,6 mm en frutos desverdizados y 64,5 mm en frutos no desverdizados, encontrándose diferencias estadísticas significativas (Figura 3).

La podredumbre verde reveló valores de esporulación del 77,8 y 91,7%, para frutos desverdizados y no desverdizados, respectivamente, pero no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Por su parte, la esporulación en la podredumbre azul tuvo valores del 85,0 y 91,9%, para frutos desverdizados y frutos no desverdizados, respectivamente; sin embargo, tampoco las diferencias fueron significativas (Figura 2).

PODREDUMBRES VERDE Y AZUL A 5 °C

No se encontró efecto significativo del desverdizado en el desarrollo de las podredumbres verde y azul a temperatura de 5 °C, ya que no existieron diferencias estadísticas significativas en la incidencia (%), severidad (mm) y esporulación (%) entre los tratamientos de fruta desverdizada y no desverdizada. La podredumbre verde presentó valores de incidencia del 91,9 y 92,2% en fruta desverdizada y no desverdizada, respectivamente, mientras que para la podredumbre azul se observó una incidencia del 87,5% en frutos desverdizados, la cual fue ligeramente menor que en frutos no desverdizados, 92,5%; no obstante, las diferencias no fueron significativas (Figura 2).

Aunque la severidad media de la podredumbre verde en frutos desverdizados fue del 99,2 mm, la cual fue bastante menor comparado con los frutos no desverdizados, 117,0 mm. Sin embargo, las diferencias no fueron significativas. Asimismo, la podredumbre azul presentó valores casi similares de severidad tanto en frutos desverdizados y no desverdizados, con valores del 41,0 y 43,8 mm, respectivamente (Figura 3).

La podredumbre verde presentó una esporulación del 60,3% en frutos desverdizados y del 66,4% para frutos no desverdizados, no encontrando diferencias estadísticas significativas entre ellos. Asimismo, la podredumbre azul reveló valores de esporulación del 52,5% para frutos desverdizados y del 57,5% para frutos no desverdizados, pero sin diferencias estadísticas significativas (Figura 2).

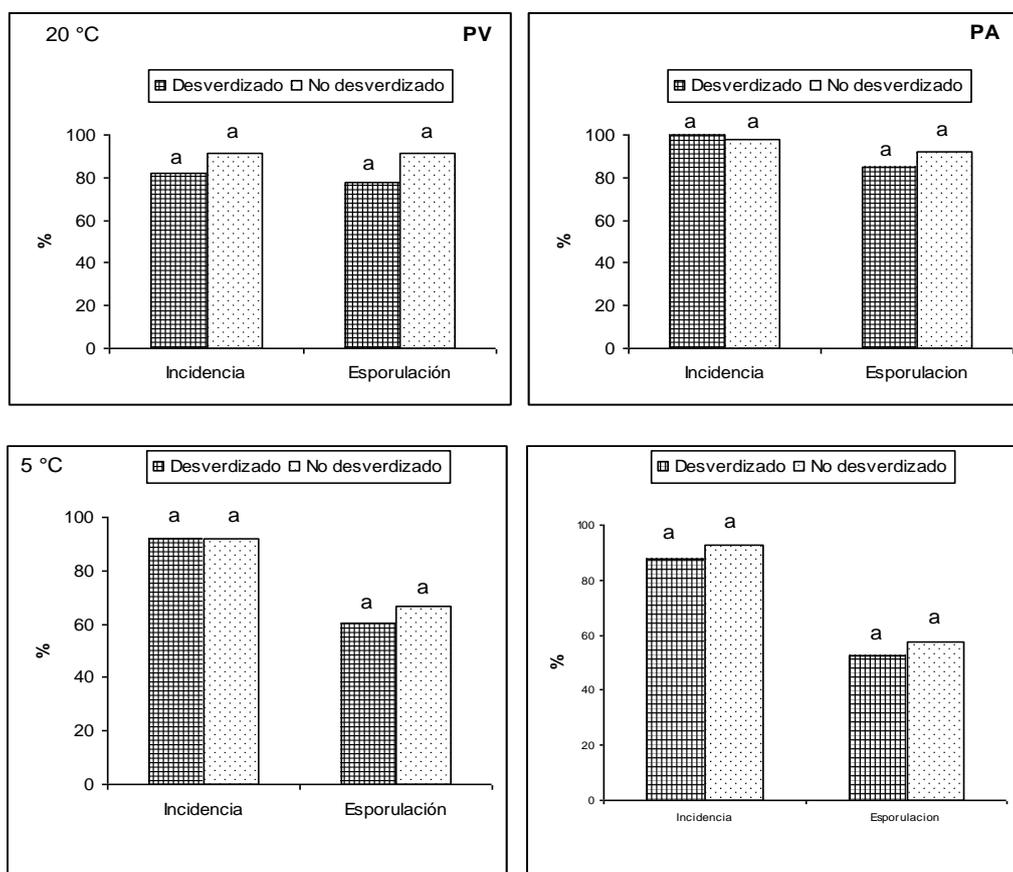


FIGURA 2. Incidencia (%) y esporulación (%) de las podredumbres verde (PV) y azul (PA) causadas por *P. digitatum* y *P. italicum* inoculados artificialmente antes del desverdizado en frutos de mandarina 'Clemenpons'. Índice de color inicial en los frutos de -0,07. Frutos examinados tras 14 días de conservación a 5 °C y 7 días de incubación a 20 °C con HR del 90%. La desverdización fue realizada en cámaras comerciales con 2 ppm de etileno a una temperatura de 21 °C y HR superior al 90% durante 3 días. Campaña 2008-2009.

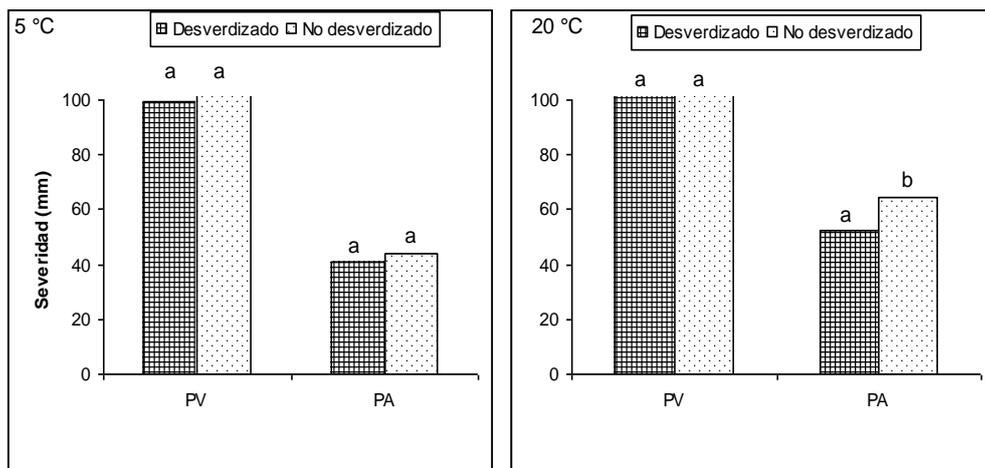


FIGURA 3. Severidad (mm) de las podredumbres verde (PV) y azul (PA) causadas por *P. digitatum* y *P. italicum* inoculados artificialmente antes del desverdizado en frutos de mandarina ‘Clemenpons’. Índice de color inicial en los frutos de $-0,07$. Frutos examinados tras 14 días de conservación a 5 °C y 7 días de incubación a 20 °C con HR del 90%. La desverdización fue realizada en cámaras comerciales con 2 ppm de etileno a una temperatura de 21 °C y HR superior al 90% durante 3 días. Campaña 2008-2009.

Asimismo, la desverdización tampoco tuvo efecto significativo sobre el desarrollo de las podredumbres verde y azul en frutos de mandarina ‘Clemenpons’ provenientes de la campaña 2009-2010, como se observa en la tabla 1, lo cual confirma los resultados obtenidos con la fruta proveniente de la campaña 2008-2009.

TABLA 1. Incidencia (%), severidad (mm) y esporulación (%) de las podredumbres verde (PV) y azul (PA) causadas por *P. digitatum* y *P. italicum* inoculados artificialmente antes del desverdizado en frutos de mandarina ‘Clemenpons’. Índice de color inicial en los frutos de 0,90. Frutos examinados tras 14 días de conservación a 5 °C y 7 días de incubación a 20 °C con HR del 90%. La desverdización fue realizada en cámaras comerciales con 2 ppm de etileno a una temperatura de 21 °C y HR superior al 90% durante 3 días. Campaña 2009-2010.

Tratamiento	Incidencia (%)				Severidad (mm)				Esporulación (%)			
	PV		PA		PV		PA		PV		PA	
	5°C	20°C	5°C	20°C	5°C	20°C	5°C	20°C	5°C	20°C	5°C	20°C
Desverdizado	97,5 a	100 a	95 a	100 a	64,5 a	122,5 a	33,4 a	46,2 a	23 a	95 a	33,9 a	79,4 a
No Desverdizado	90 a	100 a	92,5 a	100 a	61 a	114,4 a	26,6 b	43,7 a	2,5 a	97,5 a	20 a	90 a

Efecto del desverdizado en la susceptibilidad de frutos de mandarina 'Clemenules' a las podredumbres verde y azul

La incidencia de la podredumbre verde fue del 97,5 y 92,5 para frutos desverdizados y frutos no desverdizados, respectivamente, pero no se encontraron diferencias estadísticas significativas, mientras que para la podredumbre azul los valores de incidencia para ambos tratamientos fueron del 100% (Figura 4). Esto indica que el proceso de desverdización no tuvo ningún efecto sobre la incidencia de los hongos *P. digitatum* y *P. italicum*, lo cual también fue reportado por Plaza et al. (2004) donde señaló que la fruta desverdizada en condiciones estándar no controló las podredumbres verde y azul en mandarinas 'Clemenules'.

La severidad de la podredumbre verde en frutos desverdizados y frutos no desverdizados fue del 150,5 y 134,4 mm, respectivamente, pero no se encontraron diferencias estadísticas significativas, mientras que la severidad para la podredumbre azul reveló diferencias estadísticas significativas entre los frutos desverdizados y no desverdizados, con valores de severidad de 52,8 y 47,5mm, respectivamente. Sin embargo, desde una perspectiva de patología de poscosecha esta diferencia no tiene importancia (Figura 4).

A pesar que para la podredumbre verde se observó 20 y 47,5% de esporulación en frutos desverdizados y frutos no desverdizados, respectivamente; sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Asimismo, la esporulación para la podredumbre azul en frutos desverdizados fue de 5,0% y para frutos no desverdizados fue de 0,0%, no encontrándose diferencias estadísticas significativas (Figura 4).

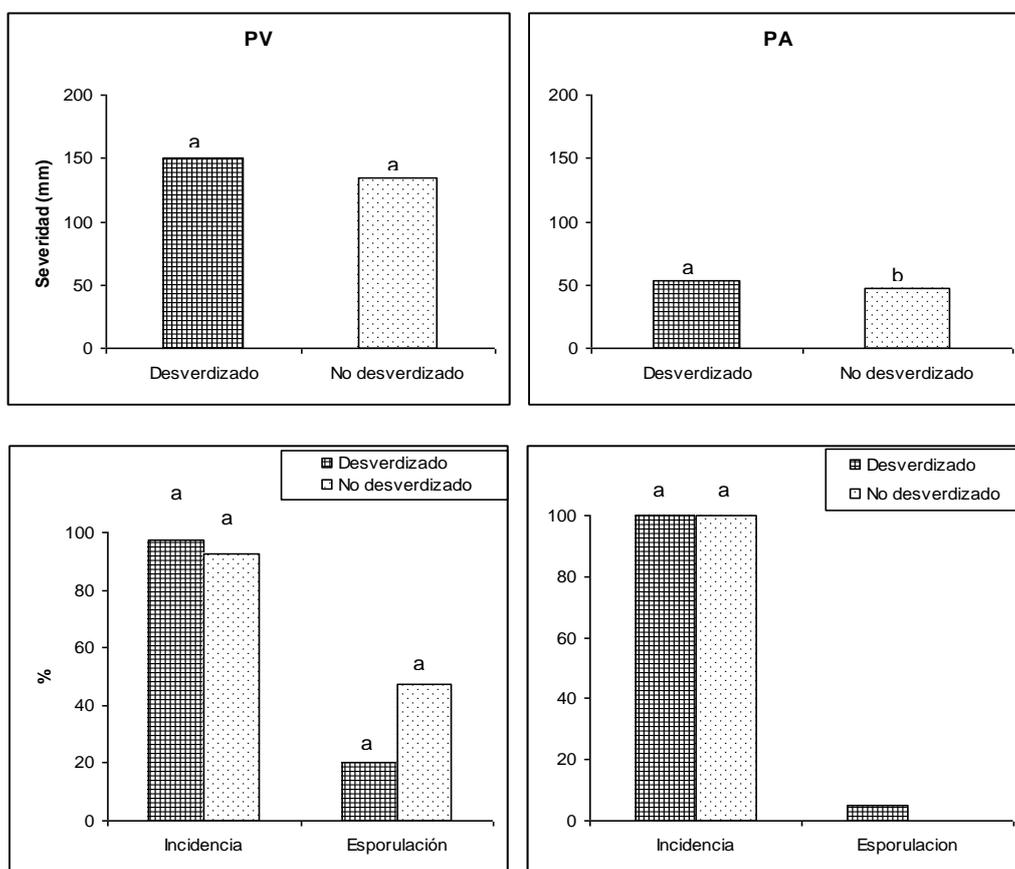


FIGURA 4. Incidencia (%), severidad (mm) y esporulación (%) de las podredumbres verde (PV) y azul (PA) causadas por *P. digitatum* y *P. italicum* inoculados artificialmente después del desverdizado en frutos de mandarina 'Clemenules'. Índice de color inicial en los frutos de -6,5. Frutos examinados tras 8 días de incubación a 20 °C con HR del 90%. La desverdización fue realizada en cámaras comerciales con 2 ppm de etileno a una temperatura de 21 °C y HR superior al 90% durante 4 días. Campaña 2008-2009.

Efecto del desverdizado en el desarrollo de las podredumbres verde y azul en frutos de mandarina 'Clemenules'.

PODREDUMBRES VERDE Y AZUL A 20 °C.

La incidencia de la podredumbre verde en frutos fue del 86,7 y 97,5% en frutos desverdizados y frutos no desverdizados, respectivamente, Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre ambos tratamientos. Asimismo, la incidencia de la podredumbre azul fue de 97,5 % en los frutos desverdizados y 94,7% en frutos no desverdizados; no observándose diferencias estadísticas significativas entre ellos (Figura 5).

La podredumbre verde presentó una severidad del 83,8 y 105,6 mm en frutos desverdizados y frutos no desverdizados, respectivamente; no obstante, no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Asimismo, la severidad de la podredumbre azul reveló valores similares, tanto en frutos desverdizados como en frutos no desverdizados (60,7%) (Figura 6).

La podredumbre verde en frutos desverdizados presentó valores de esporulación del 25,0 y 55,0% en frutos desverdizados y frutos no desverdizados, respectivamente, encontrándose diferencias estadísticas significativas. Por su parte, la esporulación en la podredumbre azul en frutos desverdizados fue del 15,0 y 37,5% en frutos desverdizados y frutos no desverdizados, respectivamente; sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas (Figura 5).

PODREDUMBRES VERDE Y AZUL A 5 °C.

El desverdizado no tuvo un efecto sobre el desarrollo de las podredumbres verde y azul en el cultivar 'Clemenules', debido a que no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la incidencia, severidad y esporulación. Aunque los valores de incidencia fueron del 75 y 90% en los frutos desverdizados y no desverdizados, respectivamente; no se encontraron diferencias estadísticas significativas. La podredumbre azul presentó una incidencia del 68,6 y 85,0% en frutos desverdizados y frutos no desverdizados, respectivamente; pero no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre ambos tratamientos (Figura 5).

La severidad de la podredumbre verde en frutos desverdizados fue de 41,6 mm y en frutos no desverdizados la severidad fue de 38,5 mm, pero no se encontraron diferencias estadísticas significativas, mientras que la

podredumbre azul presentó diferencias estadísticas significativas con valores de severidad para frutos desverdizados y no desverdizados de 21,2 y 16,1 mm, respectivamente. Sin embargo, no es importante desde el punto de vista de patología de poscosecha (Figura 6).

La podredumbre verde presentó nula esporulación tanto en frutos desverdizados como en frutos no desverdizados, mientras que la podredumbre azul reveló valores de esporulación de 15,0% para frutos desverdizados y de 37,5% para frutos no desverdizados, a pesar de ello, no hubo diferencias estadísticas significativas (Figura 5).

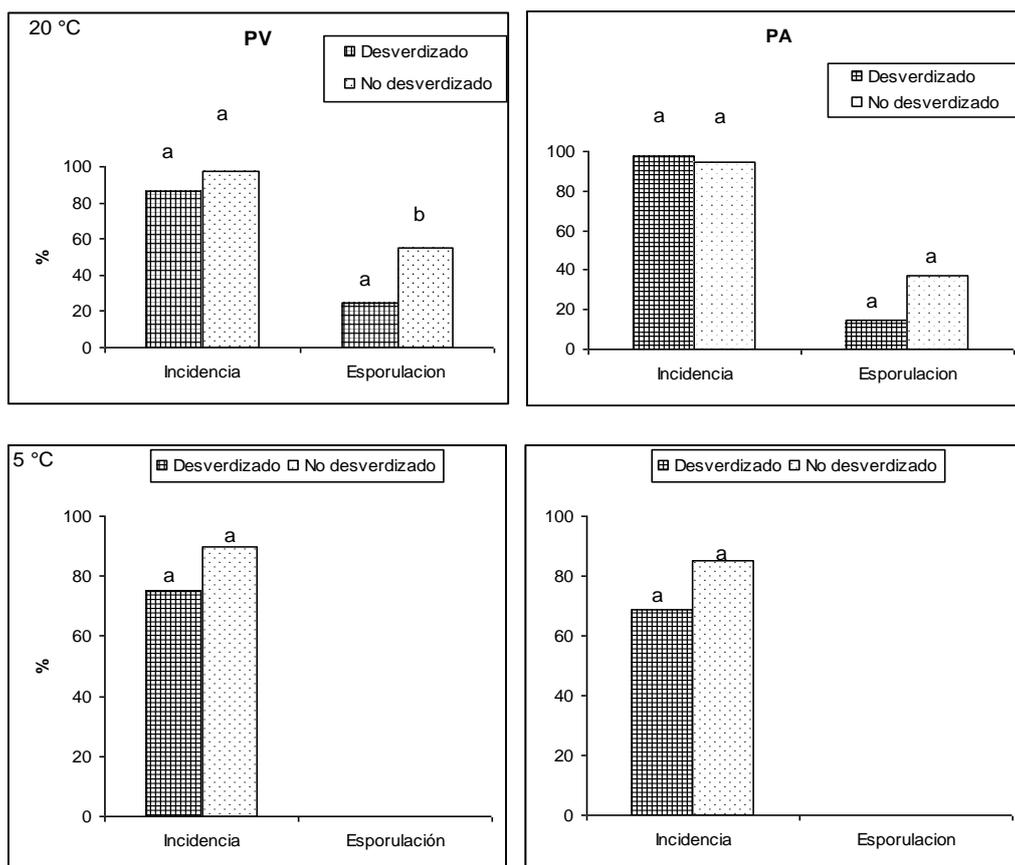


FIGURA 5. Incidencia (%) y esporulación (%) de las podredumbres verde (PV) y azul (PA) causadas por *P. digitatum* y *P. italicum* inoculados artificialmente antes del desverdizado en frutos de mandarina 'Clemenules'. Índice de color inicial en los frutos de -6,5. Frutos examinados tras 7 días de conservación a 5 °C y 7 días de incubación a 20 °C con HR del 90%. La desverdización fue realizada en cámaras comerciales con 2 ppm de etileno a una temperatura de 21 °C y HR superior al 90% durante 4 días. Campaña 2008-2009.

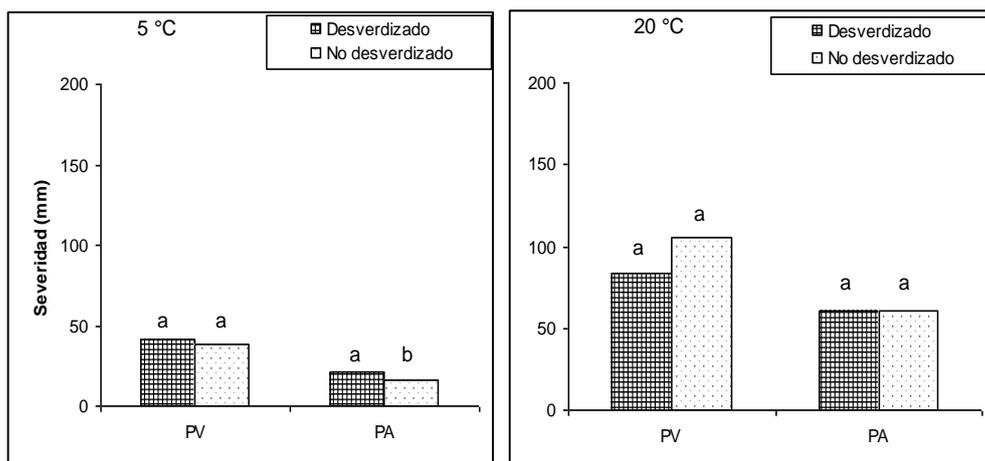


FIGURA 6. Severidad (mm) de las podredumbres verde (PV) y azul (PA) causadas por *P. digitatum* y *P. italicum* inoculados artificialmente antes del desverdizado en frutos de mandarina 'Clemenules'. Índice de color inicial en los frutos de -6,5. Frutos examinados tras 7 días de conservación a 5 °C y 7 días de incubación a 20 °C con HR del 90%. La desverdización fue realizada en cámaras comerciales con 2 ppm de etileno a una temperatura de 21 °C y HR superior al 90% durante 4 días. Campaña 2008-2009.

Efecto de la desverdización en la calidad de mandarinas clementinas

CALIDAD EXTERNA DE FRUTOS DEL CV. 'CLEMENPONS'

La firmeza de frutos de mandarina 'Clemenpons' para los tratamientos de desverdizado y no desverdizado en la campaña 2008-2009 no presentaron diferencias estadísticas significativas con valores de 8,85 y 8,71% de deformación, respectivamente. De la misma manera, la variable resistencia de la piel a la rotura (kgf aplicado a la piel que provoca la rotura) no reveló diferencias estadísticas significativas de los frutos desverdizado y no desverdizado, con valores de 1,09 y 1,13 kfg, respectivamente (Tabla 2). Estos resultados indicaron que la desverdización no afectó la calidad externa de los frutos de mandarina 'Clemenpons'.

TABLA 2. Efecto de la desverdización con etileno en la firmeza (% de deformación aplicando 1 kgf) y resistencia de la piel a la rotura (kgf aplicado a la piel que provoca la rotura) en frutos de mandarina 'Clemenpons'. Índice de color en los frutos de -0,07 en la calidad inicial y de 7,4 en la calidad final para frutos desverdizados. La desverdización fue realizada en cámaras comerciales con 2 ppm de etileno a una temperatura de 21 °C y HR superior al 90% durante 3 días. Los frutos no desverdizados se mantuvieron a una temperatura de 20 °C y HR del 90%. La calidad final de los frutos se realizó dos días después de la salida del desverdizado. Campaña 2008-2009.

Tratamiento	Firmeza (% deformación)	Resistencia de la piel a la rotura (kgf)
Inicial	6,27	1,23
Desverdizado	8,85 a	1,09 a
No desverdizado	8,71 a	1,13 a

Por otra parte, los parámetros de la calidad externa de los frutos procedentes de la campaña 2009-2010 al igual que los frutos procedentes de la campaña 2008-2009 no presentaron diferencias estadísticas significativas siendo las variables firmeza (% deformación aplicando 1 kgf), resistencia de la piel a la rotura (kgf aplicado a la piel que provoca la rotura) y fuerza necesaria para liberar aceite esencial (FNLAE). Estos resultados confirman el nulo efecto de la desverdización sobre los parámetros de calidad externa evaluados. Aunque se observó que los frutos de mandarina 'Clemenpons' procedentes de la campaña 2008-2009 presentaron menos firmeza (% deformación) comparado con los frutos procedentes de la campaña 2009-2010, esto es posiblemente debido a las diferencias de condiciones de crecimiento, madurez y manipuleo de la fruta durante la cosecha en cada una de las campañas (Tabla 3).

TABLA 3. Efecto de la desverdización con etileno en la firmeza de la piel (% deformación aplicando 1 kgf), resistencia de la piel a la rotura (kgf aplicado a la piel que provoca la rotura) y fuerza necesaria para liberar aceite esencial en la corteza (FNLAE) (kgf) en frutos de mandarina 'Clemenpons'. Índice de color de los frutos de 0,90 en la calidad inicial y de 5,1 en la calidad final para frutos desverdizados. La desverdización fue realizada en cámaras comerciales con 2 ppm de etileno a una temperatura de 21 °C y HR superior al 90% durante 3 días. Los frutos no desverdizados se mantuvieron a una temperatura de 20 °C y HR del 90%. La calidad final de los frutos se realizó un días después de la salida del desverdizado. Campaña 2009-2010.

Tratamiento	Firmeza (% deformación)	Resistencia de la piel a la rotura (kgf)	FNLAE (kgf)
Inicial	5,17	1,35	4,22
Desverdizado	5,37 a	1,27 a	3,99 a
No desverdizado	5,89 a	1,43 a	4,93 b

CALIDAD INTERNA DE FRUTOS EN EL CV. 'CLEMENPONS'

Respecto al efecto de la desverdización en la calidad de zumo, se observó que no existieron diferencias estadísticas significativas de los parámetros de calidad interna medidos entre tratamientos: acidez (g de ácido cítrico/ml de zumo), grados brix (sólido solubles totales), índice de madurez (IM) (grados brix/acidez), rendimiento (ml de zumo/g de peso) y pH lo que significa, que el proceso de desverdización no altera los parámetros de calidad interno de mandarina 'Clemenpons', repercutiendo de manera positiva en la satisfacción del consumidor (Tabla 4). Estos resultados convergen con otros, donde se señala que la desverdización puede tener un efecto neutral sobre algunas características de la calidad interna de la fruta (Poole and Gray, 2002) y el efecto del etileno sobre sólidos totales solubles y acidez en naranja 'Shamouti' no es significativo (Porat et al., 1999).

TABLA 4. Efecto de la desverdización con etileno en la calidad de zumo de mandarina 'Clemenpons'. Índice de color en los frutos de -0,07 en la calidad inicial y de 7,4 en la calidad final para frutos desverdizados. La desverdización fue realizada en cámaras comerciales con 2 ppm de etileno a una temperatura de 21 °C y HR superior al 90% durante 3 días. Los frutos no desverdizados se mantuvieron a una temperatura de 20 °C y HR del 90%. La calidad final de los frutos se realizó 2 días después de la salida del desverdizado. Campaña 2008-2009.

Tratamiento	Acidez (g ac. cítrico/100 ml zumo)	Brix	IM	Rendimiento (ml de zumo/g de peso)	pH
Entrada	0,84	11,03	13,21	50,65	3,49
Desverdizado	1,36 a	11,43 a	8,39 a	52,24 a	3,51 a
No desverdizado	1,31 a	11,02 a	8,41 a	52,77 a	3,55 a

CALIDAD EXTERNA DE FRUTOS DEL CV. 'CLEMENULES'

La firmeza de la piel (% deformación) de los frutos de mandarina 'Clemenules' presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de desverdizado y no desverdizado, con valores de 5,48 y 6,02 % de deformación, en el cual se observó un aumento de firmeza en la fruta desverdizada con respecto a la fruta no desverdizada, aunque desde el punto de vista aritmético la diferencia no parece ser importante. Estos resultados son similares a los reportados en otra investigación (Plaza et al., 2004). Es posible que la pérdida de firmeza de la piel en los frutos no desverdizados puedan deberse a una pérdida de peso de los frutos no desverdizados. Asimismo, la variable resistencia de la piel a la rotura (kgf

aplicado hasta provocar la rotura) entre los tratamientos desverdizado y no desverdizado presentaron diferencias estadísticas significativas con valores de 1,7 y 1,3 kfg, respectivamente; observando que los frutos desverdizados ofrecieron más resistencia a la rotura, (Tabla 5). Sin embargo, desde la perspectiva aritmética, esta diferencia es muy pequeña, por lo cual no fue importante.

TABLA 5. Efecto de la desverdización con etileno en la firmeza (% de deformación aplicando 1 kgf) y resistencia de la piel a la rotura (kgf aplicado a la piel que provoca la rotura) en frutos de mandarina ‘Clemenules’. Índice de color en los frutos de –6,5 en la calidad inicial, 7,9 en la calidad final para frutos desverdizados y de 1,8 en la calidad final para frutos no desverdizados. La desverdización fue realizada en cámaras comerciales con 2 ppm de etileno a una temperatura de 21 °C y HR superior al 90% durante 4 días. Los frutos no desverdizados se mantuvieron a una temperatura de 20 °C y HR del 90%. La calidad final de los frutos se realizó 2 días después de la salida del desverdizado. Campaña 2008-2009.

Tratamiento	firmeza (% deformación)	Resistencia de la piel a la rotura (kgf)
Entrada	4,26	1,8
Desverdizado	5,48 a	1,7 a
No desverdizado	6,02 b	1,3 b

CALIDAD INTERNA DE FRUTOS EN EL CV. CLEMENULES

La desverdización tampoco tuvo un efecto en la calidad de zumo para el cultivar ‘Clemenules’ debido a que no se observaron diferencias estadísticas significativas de los parámetros de calidad interna: acidez (g de ácido cítrico/ml de zumo), grados brix (sólido solubles totales), índice de madurez (IM) (grados brix/acidez), rendimiento (ml de zumo/g de peso) y pH. Asimismo, la variable acidez reveló valores del 1,27 y 1,31 g de ácido cítrico/100 ml de zumo de la fruta desverdizada y no desverdizada, respectivamente. Por otra parte, los valores de grados brix fueron del 10,15 y 10,47 en frutos desverdizados y frutos no desverdizados, respectivamente; aunque hubo diferencias estadísticas significativas, esas diferencias son muy pequeñas desde el punto de vista de estadística básica, por lo cual no tiene importancia. Este resultado no coincide con los reportados por Seymour et al., (1993), quienes indicaron que durante el desverdizado el contenido de azúcares disminuye debido al aumento de la respiración, lo que implica la utilización de azúcar como fuente de energía. El índice de madurez (IM) no presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos desverdizado y no desverdizado con 8,26 y 7,75, respectivamente. Por último, el pH tampoco fue afectado por la desverdización (Tabla 6).

TABLA 6. Efecto de la desverdización con etileno en la calidad de zumo de mandarina ‘Clemenules’. Índice de color en los frutos de –6,5 en la calidad inicial, 7,9 en la calidad final para frutos desverdizados y de 1,8 en la calidad final para frutos no desverdizados. La desverdización fue realizada en cámaras comerciales con 2 ppm de etileno a una temperatura de 21 °C y HR superior al 90% durante 4 días. Los frutos no desverdizados se mantuvieron a una temperatura de 20 °C y HR del 90%. La calidad final de los frutos se realizó 2 días después de la salida del desverdizado. Campaña 2008-2009.

Tratamiento	Acidez (g ac. Cítrico/100 ml zumo)	Brix	IM	Rendimiento (ml de zumo/g de peso)	pH
Entrada	0,86	10,53	12,26	45,87	3,52
Desverdizado	1,27 a	10,47 a	8,26 a	48,96 a	3,56 a
No desverdizado	1,31 a	10,15 b	7,75 a	46,80 a	3,52 a

En general podemos decir, que estos resultados confirman y sustentan el uso comercial común de la desverdización por parte de la industria citrícola tomando en cuenta que este proceso no tiene un impacto negativo en la incidencia de las podredumbres verde y azul, las de mayor importancia económica en nuestras condiciones, ni en la calidad externa e interna de las mandarinas clementinas.

CONCLUSIONES

- El desverdizado con etileno no influye en la susceptibilidad de los frutos a las podredumbres verde y azul de los cvs. ‘Clemenpons’ y ‘Clemenules’.
- El desverdizado con etileno no afecta al desarrollo de *P. digitatum* y *P. italicum* en frutos de los cvs. ‘Clemenpons’ y ‘Clemenules’.
- El desverdizado no altera la calidad del zumo de mandarina (acidez, grados brix, índice de madurez, rendimiento y pH) de los cvs. ‘Clemenpons’ y ‘Clemenules’.

REFERENCIAS:

- Barmore, C.R. and Brown G.E. 1985. Influence of ethylene on increased susceptibility of oranges to *Diplodia natalensis*. 69:228-230.
- Brown, G.E., and Miller, W.R. 1999. Maintaining fruit health after harvest. *Citrus Health Management*. pp. 175-188.
- Brown, G.E. 1986. *Diplodia* stem-end rot, a decay of citrus fruit increased by ethylene degreening treatment and its control. *Proceeding of the Florida State Horticultural Society* 99:105-108.
- Cajuste, J.F.; González-Candela, L.; Veyrat, A.; García-Breijo, F.J.; Reig-Armiñana, J. And Lafuente, M.T. 2009. Epicuticular wax content and morphology as related to ethylene and storage performance of 'Navelate' orange fruit. *Postharvest Biology and Technology* 55:29-35.
- Cuquerella, J. 1997. Técnicas y prácticas de desverdización de cítricos producidos en condiciones mediterráneas. *Phytoma España* 90:106-111.
- El-kazzaz, M.K.; Sommer, N.F. and Kader, A.A. 1983. Ethylene Effects on In Vitro and In Vivo Growth of Certain Postharvest Fruit-infecting Fungi. *Postharvest Pathology and Mycotoxins* 73:998-1001.
- Melvin, R. 1967. Postharvest decay of specialty hybrid citrus fruit in relation to degreening time. *Proceeding of the Florida State Horticultural Society* 80:246-250
- Plaza, P.; Sanbruno, A.; Usall, J.; Lamarca, N.; Torres, R.; Pons, J. and Viñas, I. 2004. Integration of curing treatments with degreening to control the main postharvest diseases of clementine mandarins. *Postharvest Biology and Technology* 34:29-37.
- Poole, N.D. and Gray, K. 2002. Quality in citrus fruit: to degreen or not degreen?. *British Food Journal* 104:492-505.
- Porat, R.; Weiss, B.; Cohen, L.; Daus, A.; Goren, R. and Droby, S. 1999. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on the postharvest qualities of 'Shamouti' oranges. *Postharvest Biology and Technology* 15:155-163.
- Seymour, G.B.; Taylor, J.E.; and Tucker, G.A. 1993. *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman and Hall.
- Terblanche, E. 1999. Effect of temperature on the colour of citrus during degreening. *ASAE/CSAE Annual International Meeting*. Toronto, Ontario, Canada.