

(S3-O106)

ADECUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE DESVERDIZACIÓN PARA MINIMIZAR ALTERACIONES FISIOLÓGICAS DURANTE LA COMERCIALIZACIÓN DE MANDARINAS

J. M. MARTÍNEZ-JÁVEGA, A. SALVADOR y P. NAVARRO

Centro de Tecnología Postcosecha. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias

Apartado Oficial 46113 Moncada (Valencia) España

Tlf: 96 342 40 00 Fax: 96 342 40 01

Email: jmjavega@ivia.es

Palabras clave: almacenamiento - cítricos – etileno – cáliz - auxinas

RESUMEN

Las mandarinas tempranas alcanzan los valores mínimos exigidos de porcentaje de zumo e índice de madurez antes que la coloración comercial de la piel, por lo que, en buena parte, son sometidas a tratamiento de desverdización. En la actualidad se utiliza el sistema de flujo continuo intermitente con 2-5 ppm de etileno, humedad relativa superior al 90%, temperatura de 20-22°C, concentración de CO₂ menor del 0,2% y de O₂ superior al 20%. Siendo éstas las condiciones óptimas del tratamiento de desverdización con etileno, es inevitable que si la duración del mismo se prolonga excesivamente puedan aparecer alteraciones fisiológicas relacionadas con la senescencia durante la posterior comercialización, especialmente el ennegrecimiento y caída de cálices.

En este trabajo se analiza la respuesta de cambio de color y la sensibilidad a las alteraciones fisiológicas de las variedades de mayor interés comercial, incluidas las nuevas mutaciones extratempranas de clementina Oronules de atractivo color naranja-rojizo intenso (Basol, Prenules, Clemenrubi, Cultifort y Orogros). La desverdización en las mismas condiciones ambientales antes señaladas, pero sin adición de etileno exógeno, resulta en una disminución de la velocidad de cambio de color pero también en una menor incidencia de alteraciones fisiológicas. Teniendo en cuenta estos factores hemos establecido tratamientos generales de desverdización en función del índice de color inicial y el destino final a la U.E. o a países de ultramar, procurando siempre minimizar las alteraciones fisiológicas al final de la comercialización. Cuando el índice de color (IC=1000.a/L.b) en la recolección es superior a -5, los frutos pueden ser desverdizados sin etileno, llegando a destino con adecuado color comercial.

También se exponen en este trabajo los resultados positivos obtenidos con la aplicación postcosecha, previa a la desverdización con etileno, de diversas auxinas de síntesis. La aplicación de formulaciones del ácido 2,4 diclorofenoxiacético y del 3,5,6 tricloro-2 piridil-oxiacético, en inmersión a concentraciones de 10 ppm logró, en algunas variedades, una significativa reducción de la caída y ennegrecimiento del cáliz sin afectar negativamente al cambio de color ni a otros parámetros y atributos de calidad evaluados.

ADEQUACY OF DEGREENING TREATMENT TO MINIMIZE PHYSIOLOGICAL DISORDERS DURING MARKETING OF MANDARINS

Keywords: storage - citrus – ethylene – calyx - auxins

ABSTRACT

Most of early-season varieties of mandarins reach the minimum required maturity index and juice content before full external coloration. Therefore degreening is a common postharvest treatment applied to accelerate color change process. Continuous flow-trough system with ethylene concentration 2-5 ppm, 90% RH, temperature 20-22°C, CO₂ less than 0,2% and O₂ over 20%, is widely used. Excessive degreening time results in physiological disorders related to senescence specially darkening and drop of calyx.

In this paper, color changes and physiological disorders sensitivity are studied in cultivars of great commercial interest. The early Oronules mutations (Basol, Prenules, Clemenubí, Cultifort and Orogros) of attractive orange-reddish color are also included in these studies. Fruit stored in the same conditions of continuous flow but without addition of ethylene also undergo a slower color evolution, nevertheless with little risk of physiological disorders. Taking into account all these factors, degreening treatments related to initial color and destination were established. Fruit with citrus color index (CCI=1000a/Lb) at harvest over -5, could be degreened without ethylene arriving at UE or overseas destinations with adequate commercial color.

In this work are also exposed the effect of the postharvest auxins applications on the calyx disorders associated to degreening. In some cultivars, dipping 10 ppm of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid or 3,5,6-trichloro-2-pyridyloxyacetic acid reduced significantly darkening and drop of calyx without affect neither the color nor the quality parameters.

La producción actual española de mandarinas ronda los 2.5 millones de toneladas, de las que más del 81% se cultivan en la Comunidad Valenciana. De ellas, más de 1.7 millones de toneladas son variedades tempranas o de media temporada, correspondiendo al grupo de clementinas más del 85%. Se prevé un aumento de las variedades tempranas precoces como Oronules con frutos de atractivo color naranja-rojizo intenso y fácil pelado (Soler y Soler, 2006). Mutaciones extratempranas de Oronules como Basol, Prenules, Clemenrubi, Cultifort y Orogrós están siendo objeto de un gran interés por parte de los citricultores.

Las normas de calidad de mandarinas establecidas en el Reglamento CEE Nº 1799/01 y sus posteriores modificaciones, Reglamento 2010/2002 y 2173/2003, así como los acuerdos adoptados por la Interprofesional Citrícola Española (Intercitrus) fijan los índices de madurez mínimo comercial en 6.5 para satsumas y 7.0 para clementinas y los porcentajes mínimos de zumo respecto al peso total del fruto se establecen en 40% en clementinas y 33% para otras mandarinas. El grado de coloración según el Reglamento CEE deberá ser tal que, al término de su proceso normal de desarrollo, los frutos alcancen en su lugar de destino el color típico de la variedad a la que pertenezcan, admitiéndose frutos que al menos tengan 1/3 de la superficie de dicho color. Teniendo en cuenta esta tolerancia respecto a la superficie con coloración típica, la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación (CAPA) de la Generalitat Valenciana establece los valores mínimos de índice de color (IC) ($IC=1000.a/L.b$, siendo L, a y b parámetros de Hunter) entre +1 y +3 para satsumas y entre +3 y +6 para clementinas (DOGV 5346, de 14-9-2006). En las Normas de Producción Integrada de Cítricos de la Comunidad Valenciana (DOGV 3909, de 1-3-2001) se establece que el IC mínimo en el momento de la comercialización debe ser superior a +4 para mandarinas satsumas y de +6 para el resto de las variedades, que viene a corresponder al 100% de superficie con coloración comercial. La CAPA pone a disposición de los agentes sectoriales y de los inspectores tablas de color (Cuquerella et al., 2004), con los límites establecidos para que sirvan de guía en el autocontrol y en los controles oficiales.

Las mandarinas tempranas y algunas de media temporada alcanzan los valores mínimos exigidos de porcentaje de zumo e índice de madurez antes que la coloración comercial de la piel, por lo que son sometidas a tratamiento de desverdización, estimándose que más de 1.200.000 Tm de mandarinas son objeto de este tratamiento. El sistema más utilizado actualmente es el de flujo continuo intermitente con 2-5 ppm de etileno, humedad superior al 90%, temperatura de 20-22°C, CO₂ menor de 0.2% y O₂ mayor de 20%. La duración del proceso debe ser limitada ya que en caso contrario se puede producir ennegrecimiento y caída de cálices, así como otras alteraciones fisiológicas relacionadas con la senescencia. El almacenamiento en las mismas condiciones, pero sin adición de etileno, supone una disminución en la velocidad de cambio de color pero también una menor incidencia de las alteraciones fisiológicas (Cuquerella et al., 2004). A lo largo de los últimos años se ha estudiado el comportamiento en desverdización de diversas variedades (Cuquerella et al., 1999; Martínez-Jávega et al., 1999; Navarro et al., 2000; Salvador et al., 2003; Cuquerella et al., 2003; Cuquerella et al., 2004; Martínez-Jávega et al., 2004). Considerando el índice de color (IC) obtenido tras 72 horas de tratamiento con etileno, encontramos que hay un grupo de variedades que desverdizan mejor, alcanzando IC más altos para un mismo índice inicial (Clementina de Nules, Fina y Oroval), siguiéndole en orden decreciente Capola, Clemenpons, Beatriz, Loretina y siendo la Marisol la de menor aptitud. Aún así esta última variedad es capaz de alcanzar un color comercial ($IC \geq +6$) tras 72 horas de tratamiento con etileno si el IC inicial no es inferior a -8, lo cual significa una aceptable respuesta. La aptitud para la desverdización de las mandarinas satsumas es algo peor (Jiménez-Cuesta et al., 1983), aunque hay menor exigencias de color en el mercado para esta variedad.

Los tratamientos con etileno producen caída y ennegrecimiento de cáliz en porcentajes que pueden ser importantes cuando se superan las 72 horas de tratamiento. La sensibilidad a estas alteraciones dependen también de otros factores como puede ser la aptitud varietal e incluso la propia campaña de recolección. Mandarinas Satsuma y clementina Oroval muestran notable sensibilidad a esta alteración (Jiménez-Cuesta et al., 1983). La variedad Marisol muestra mayor sensibilidad que otras clementinas y en algunas ocasiones se han registrado porcentajes de cálices afectados inasumibles con más de 72 horas de tratamiento (Salvador et al., 2003). Por estas razones se ha publicado una tabla de recomendaciones generales de desverdización (Tabla 1) de mandarinas con destino a la UE o países de ultramar, procurando la duración mínima de exposición al etileno (Cuquerella et al., 2004). En ella puede observarse que con IC en la recolección superior a -5 puede prescindirse de la aportación de etileno durante la desverdización y los frutos llegan a destino con pleno color comercial y mínimas alteraciones fisiológicas.

Durante los años 2004 y 2005 frutos de la variedad Oronules y sus mutaciones Basol, Prenules, Clemenrubi, Cultifort y Orogros, procedentes de los campos experimentales del IVIA, fueron sometidos a desverdización en cabinas de flujo continuo con 0 (CTL) ó 5 ppm de etileno (Desv), 20-21°C, 90-95% HR. Se realizaron medidas de color en el momento de la recolección (IC_0) y tras 1 (IC_{72h+1d}) y 4 (IC_{72h+4d}) días de almacenamiento a 20°C al finalizar el tratamiento de desverdización. También se realizaron controles del contenido en sólidos solubles totales, acidez, firmeza, porcentaje de zumo, contenido en etanol en zumo, sabor y evaluación de las alteraciones fisiológicas (ennegrecimiento y caída del cáliz). Los métodos de análisis utilizados fueron similares a los previamente reportados por Martínez-Jávega et al. (2004).

En la Fig.1 se indica la evolución del índice de color (IC) en las distintas variedades durante las dos campañas estudiadas. Los frutos tratados con etileno, y en menor grado los del control, experimentaron una notable evolución del color durante las 72 horas de tratamiento y en días posteriores de almacenamiento a 20°C. Estimamos que en estas mutaciones la coloración comercial se alcanza para $IC \geq +9$, correspondiente a tonalidades naranja-rojizas propias de la variedad. Se ha realizado un ajuste de las rectas de regresión en las variedades estudiadas, de igual modo que en trabajos anteriores con otras variedades (Salvador et al., 2003). En la Fig.2 aparecen las rectas de regresión para la variedad Cultifort; de acuerdo con ella, para obtener un $IC \geq +9$, tras 72 horas de tratamiento con etileno 20-21°C más 4 días de almacenamiento posterior a 20°C, sería necesario recolectar los frutos con un IC_0 igual o superior a -13, mientras que en el caso en de que los frutos se almacenaran en las mismas condiciones, pero sin adición de etileno, el IC_0 de los frutos debería ser igual o superior a -3.0. Para un IC_0 determinado, los IC_{72+4} alcanzados tras la desverdización con etileno en Prenules, Orogros, Clemenrubi, Basol y Cultifort son similares, con una máxima diferencia de 2 unidades entre la primera y la última. Por todo ello parece que las recomendaciones dadas para el tratamiento de desverdización de mandarinas (Tabla 1) podrían ser aplicadas a estas nuevas variedades con el fin de obtener sobradamente la atractiva coloración comercial deseada en destino.

La evolución del IC, tanto en campo cómo en cámara de desverdización, puede verse en la Fig.3, en la que podemos observar como el adelanto de la coloración llega a ser hasta de 15 días en la variedad Orogros desverdizada con etileno, llegándose en otras variedades a resultados similares.

En la Fig. 4 puede observarse la incidencia del tratamiento con etileno en la caída y ennegrecimiento de cálices. En las dos campañas estudiadas, la variedad Cultifort desverdizada con etileno mostró el mayor porcentaje de frutos con alteraciones del cáliz, por lo que sería necesario seguir estudiando este aspecto. Los frutos desverdizados sin adición de etileno no mostraron alteración alguna del cáliz en ninguna variedad estudiada.

En la Tabla 2 puede observarse que tras la desverdización y el almacenamiento posterior, los frutos desverdizados con y sin adición de etileno, presentaron suficientes valores de firmeza. El porcentaje de zumo se mantuvo en todos los casos por encima del 40% (datos no mostrados). Los bajos contenidos en etanol del zumo y los adecuados valores de sólidos solubles totales e índice de madurez, dentro de los límites de aceptabilidad señalados para Oronules (Ramos, 2000), redundan en una buena valoración organoléptica.

En experiencias anteriores con Oronules desverdizada y sometida a tratamiento de cuarentena con el fin de exportación a países de ultramar no se detectó sensibilidad al frío ni pérdida apreciable de calidad hasta llegar al consumidor (Monterde et al., 2005). Por todo dicho anteriormente, parece que este grupo de clementinas extratempranas de atractiva coloración, puede ser de notable interés comercial, aunque debe continuar investigándose sobre su comportamiento postcosecha.

El efecto de tratamientos postcosecha con auxinas (2,4-D) en la minimización de las alteraciones del cáliz fue estudiado hace ya varios años en mandarinas Satsuma y clementina Oroval (Jiménez-Cuesta et al., 1983) y los buenos resultados obtenidos han favorecido su aplicación comercial, aunque siempre en el marco de un total vacío legal que permitiera su aplicación y falta de productos registrados al respecto. Parece que existe un gran interés por parte del Sector en el registro de algún producto de uso postcosecha para el control de esta alteración. Por ello en estos momentos se está trabajando en este sentido, estudiando el efecto de la aplicación postcosecha de diferentes auxinas que se han mostrado eficaces en su aplicación precosecha (Agustí et al., 2004; Deng et al., 2002),

En la Tabla 3 se observa que en general, las auxinas ensayadas, especialmente el 2,4-D y el TPA, han tenido efectividad en la reducción del ennegrecimiento y caída de cálices y cómo dicha efectividad depende claramente del cultivar y de la sensibilidad del mismo a estas alteraciones. También se refleja que el color final de la piel de los frutos tratados no se ve afectado negativamente, alcanzando valores de IC claramente comerciales. De igual modo, los parámetros y atributos de calidad de los frutos tampoco se han visto afectados por los tratamientos ensayados (datos no mostrados). En la actualidad se está estudiando la influencia de otros factores como el estado de madurez de la fruta y la dosis de aplicación.

REFERENCIAS

- Agustí, M., Almela, V., Aznar, M., Pons, J., El-Otmani, M. 2004. The use of 2,4-DP to improve fruit size in citrus. *Proc. Int. Soc. Citriculture*. Vol.1:423-427.
- Cuquerella, J., Navarro, P., Salvador, A. 1999. Respuesta a la desverdización de nuevas variedades de cítricos. *Rev. Levante Agrícola*, N°348, Especial Postcosecha, p:263-271
- Cuquerella, J., Martínez-Jávega, J.M., Salvador, A., Monterde, A., Navarro, P. 2003. Optimización de la aplicación de la técnica de desverdización a mandarinas clementinas. II Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. (Eds.) Martínez, D., Castillo, S., Valero, D., Sayas, E., Pérez, J.A. ISBN (84-85893-76-2). Vol. II: 757-760.
- Cuquerella, J., Martínez-Jávega, J.M., Monterde, A., Navarro, P., Salvador, A. 2004, Nuevo sistema de medida de color para cítricos. *Rev. Levante Agrícola*, N°37,: Especial Postcosecha 2004: 298-304.
- Deng, Z., Malfa, S.La, Tribulato, E., Deng, Z.N., Malfa, S. 2002. Effect of some plant grown regulators on preharvest fruit drop in Torocco orange R. *Di Frutticoltura e di Ortofloricoltura*, 64(12):37-39.
- Jiménez-Cuesta, M., Cuquerella, J., Martínez-Jávega, J.M. 1983. Teoría y práctica de la desverdización de los cítricos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Hoja Técnica nº 46, 21pp.
- Martínez-Jávega, J.M., Cuquerella, J., Del Río, M.A., Navarro, P. 1999. Experiencias de tecnología postcosecha para la exportación de cítricos españoles. *Rev. Todo Citrus*, N°6, p:5-14.
- Martínez-Jávega, J., Navarro, P., Salvador, A., Monterde, A., Cuquerella, J. 2004. Optimización del manejo de clementinas tempranas con vistas a la exportación a Japón. *Actas del IV Simposio Ibérico, Maduración y Postcosecha 2004*. Oeiras, Portugal. (6-9 Octubre 2004) .ISBN: 972-579-028-6. p:285-290.
- Monterde, A., Carvalho, C.P., Salvador, A., Martínez-Jávega, J.M. 2005. Efecto de la desverdización en la calidad de mandarinas ‘Oronules’ sometidas al tratamiento de cuarentena por frío. III Congreso español y I Congreso Iberoamericano de Ciencias y Técnicas del frío. CYTEF. *Avances en Ciencias y Técnicas del Frío III*, Ed. R. Ruiz, vol.II: 747-756.
- Navarro, P., Cuquerella, J., Martínez-Jávega, J.M., De Suñer, J. 2000. Respuesta al tratamiento de desverdización de la nueva variedad de clementina Mioro. V Simposio Nacional y II Ibérico de Post-Recolección de Frutos Y Hortalizas. Eds. A. Marrero y G. Lobo, (ISBN:84-606-3211-3), p:20-24.
- Ramos, 2000. Las Oronules, p:55-92. En ‘Montaña mágica’. Ed. Tecnidex. Paterna (Valencia).
- Salvador, A., Monterde, A., Navarro, P., Cuquerella, J. 2003. Adecuación de las técnicas de desverdización a nuevas variedades de cítricos y tipos de comercialización. En *Maduración y Post-Recolección de frutos y hortalizas*. Eds. Merodio, C., Escribano, I. (ISBN:84-00-08185-4). p:311-318.
- Soler, J., Soler, G. 2006. Descripción de variedades de cítricos y técnicas de cultivo. 336 pp. (Eds.) Mundiprensa.

Tabla 1. Recomendaciones para el tratamiento de desverdización de mandarinas de España exportadas a UE, USA o Japón.

Índice de color inicial (IC=1000.a/L.b)	U.E	USA-JAPON
IC < -13	No conveniente	No conveniente
-13 > IC < -5	72 h con Etileno	48-72 h con Etileno
-5 > IC < +3	48 h con Etileno 72 h sin Etileno	48-72 h sin Etileno
IC > +3*	24 h con Etileno 48 h sin Etileno	24 h sin Etileno

(*) No se requiere tratamiento de desverdización para IC > +7.

Tabla 2. Evolución de distintos parámetros de calidad en variedades extratempranas de clementinas desverdizadas durante 72h a 20-21°C con 0 ó 5 ppm de etileno (CTL ó Desv). Medidas realizadas después de 4 días de almacenamiento a 20°C.

Variedad	TTO.	Firmeza % def.10N	SST (°Brix)	IM (SST/AT)	Etanol mg/100ml	Sabor (1-9)
Basol	Cosecha	3.02	10.78	8.86	0.11	-
	CTL	6.64 b	10.62 a	9.08 a	1.24 a	7.5 a
	Desv	5.88 a	10.87 a	9.44 a	1.35 a	7.8 a
Prenules	Cosecha	3.05	11.60	8.71	0.31	-
	CTL	5.55 a	11.45 a	9.47 a	2.17 a	6.5 a
	Desv	5.41 a	11.37 a	9.57 a	2.15 a	7.3 a
Clemenrubi	Cosecha	3.09	11.13	7.27	2.22	-
	CTL	5.71 a	12.00 a	9.03 a	0.95 a	6.3 a
	Desv	5.27 a	11.72 a	8.74 a	3.77 b	7.0 a
Cultifort	Cosecha	2.55	10.68	7.64	2.23	-
	CTL	4.72 a	11.13 a	8.47 a	1.82 a	7.0 a
	Desv	5.15 b	11.28 a	8.59 a	3.49 a	6.8 a
Orogros	Cosecha	3.29	10.68	7.73	1.97	-
	CTL	7.29 b	10.62 a	8.66 a	5.08 a	6.3 a
	Desv	6.45 a	10.89 a	8.69 a	6.62 a	7.3 a

Valores seguidos de la misma letra en cada columna y para cada variedad no difieren estadísticamente (95%, Test LSD).

Tabla 3. Efecto de la aplicación postcosecha en baño de diferentes auxinas en el control de alteraciones fisiológicas del cáliz (caída y/o ennegrecimiento) y evolución del color de diferentes cultivares de clementinas desverdizadas durante 96 horas en condiciones estándares comerciales (2-5 ppm etileno, 20°C, 95-100% HR).

Medidas realizadas después de desverdizar más 7 días de almacenamiento a 20°C.

Cultivar	Tratamiento	Alteraciones cáliz (%)	IC _{96h+7d}
Oronules IC ₀ = -1.5	CTL	93	17,7
	TPA 10 ppm	44	17,0
	2,4-D 10 ppm	56	15,8
	2,4-DP 40 ppm	77	16,0
Marisol IC ₀ = -5.9	CTL	97	12,0
	TPA 10 ppm	71	10,9
	2,4-D 10 ppm	81	11,5
	2,4-DP 40 ppm	91	11,3
Clemenpons IC ₀ = -8.8	CTL	53	10,7
	TPA 10 ppm	13	10,5
	2,4-D 10 ppm	12	11,6
	2,4-DP 40 ppm	26	10,8
Clemenules IC ₀ = -7.0	CTL	59	11,3
	TPA 10 ppm	46	9,8
	2,4-D 10 ppm	26	11,1
	2,4-DP 40 ppm	39	9,7

Los tratamientos se efectuaron en forma de baño, 2 minutos. La fruta CTL fue bañada en agua. TPA (ácido 3,5,6 tricloro-2 piridil-oxiacético); 2,4-D (ácido 2, 4 diclorofenoxiacético); 2,4-DP (ácido 2,4, diclorofenoxipropiónico).

IC (índice de color=1000.a/L.b, parámetros de Hunter). IC₀ (IC en la recolección); IC_{96h+7d} (IC después de desverdizar 96 horas + 7 días de almacenamiento a 20°C).

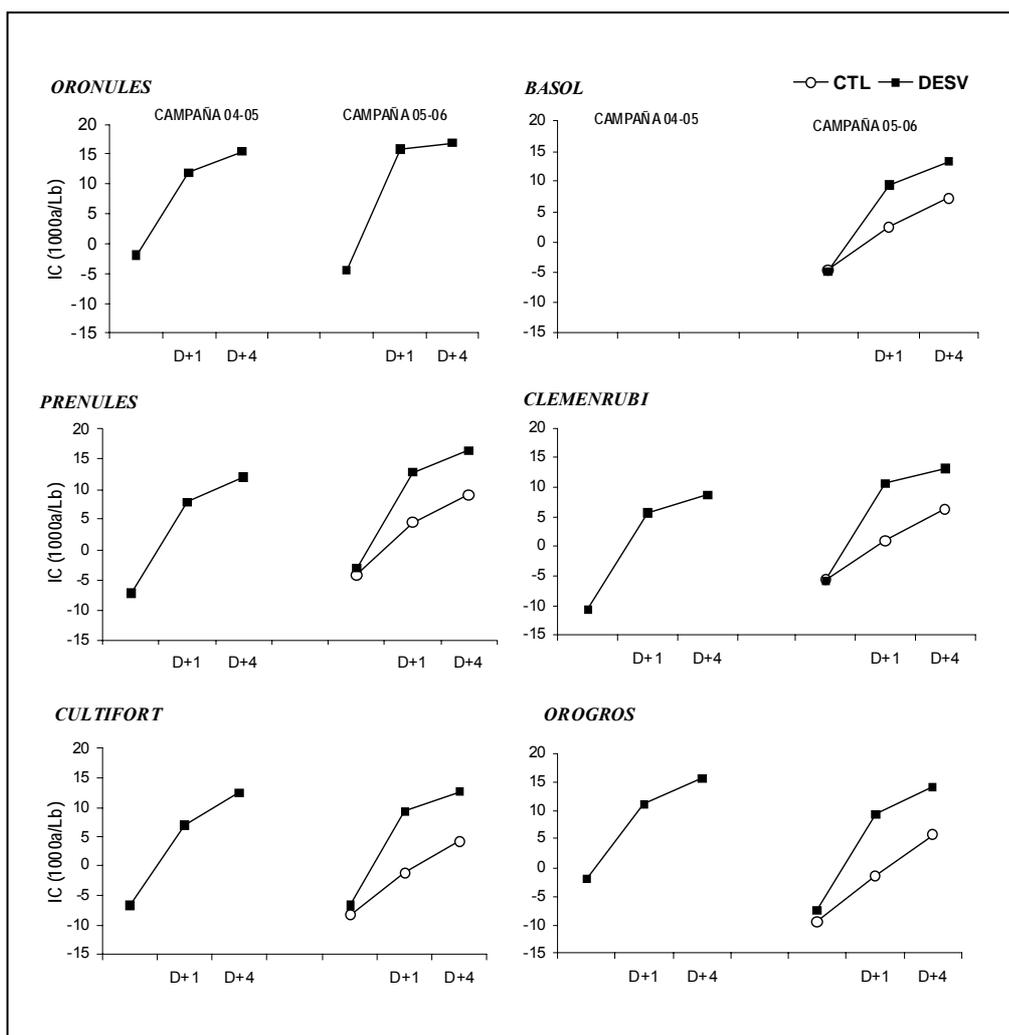


Figura 1. Evolución de índice de color de mandarinas Oronules y sus mutaciones desverdizadas durante 72h a 20-21°C con 0 ó 5 ppm de etileno (CTL ó DESV). Medidas realizadas después de 1 y 4 días de almacenamiento a 20°C (D+1, D+4).

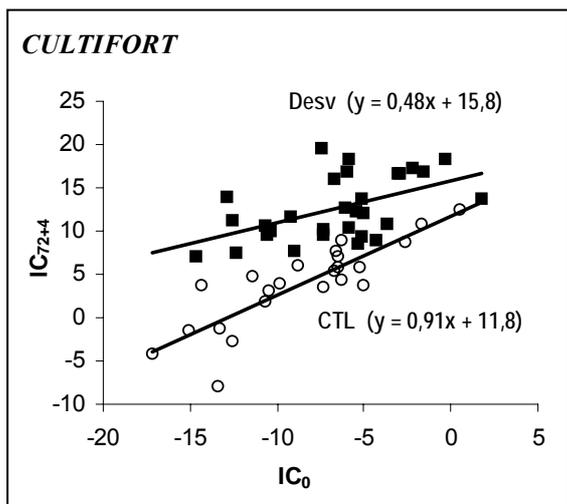


Figura 2. Índices de color (1000a/L.b) alcanzados en función de los índices de color iniciales (IC_0) tras 72h de desverdización con o sin etileno (DES_V ó CTL) en la variedad Cultifort tras 4 días de almacenamiento a 20°C (IC_{72+4}).

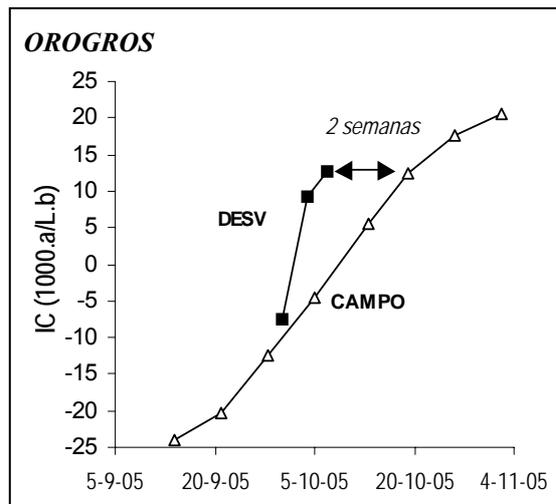


Figura 3. Comparación de la evolución de color en campo o en cámara de desverdización (DES_V) (5ppm etileno, 20-21°C, 72h) en la variedad Orogro.

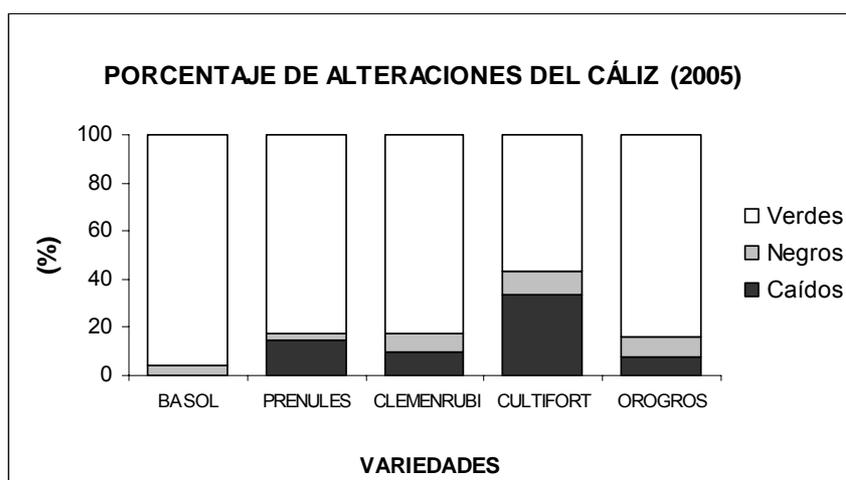


Figura 4. Efecto del tratamiento de desverdización con etileno (20-21°C, 5 ppm etileno, 72 horas) en las alteraciones del cáliz (ennegrecimiento y caída). Medidas realizadas después de 4 días de almacenamiento posterior a 20°C