

# Evaluación de condiciones de proceso y conservación en la calidad de mandarina Satsuma

BELLO, F.<sup>1</sup>; PANOZZO, M.<sup>1</sup>; ALMIRON, N. <sup>1</sup>; VÁZQUEZ, D. <sup>1</sup>

## RESUMEN

Los frutos cítricos de maduración temprana producidos en la Argentina y que son destinados a la exportación, son sometidos a un desverdizado y tiempo de atemperado (descanso) antes de su procesado. Los efectos de la aplicación de etileno y la conservación refrigerada sobre la calidad de los cítricos están bien documentados, sin embargo, no se conoce la influencia de las condiciones del descanso seguidas de una conservación refrigerada en la calidad de estos frutos. En este estudio se evaluaron mandarinas de la variedad Satsuma en distintas condiciones de temperatura, humedad relativa (HR) y contenido de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante el descanso; como así también distintas concentraciones de CO<sub>2</sub> en un almacenamiento refrigerado. El desverdizado se realizó con 1-3 ppm de etileno, durante 72 h a 21 °C y 90% HR. En el descanso se evaluaron condiciones ambientales, 21 °C con y sin control de humedad relativa y frutos envueltos con polietileno a 21 °C. Luego las mandarinas fueron procesadas en una línea de empaque y almacenadas a 5 °C durante 25 días. Para evaluar la influencia del CO<sub>2</sub> en la conservación, los frutos fueron envueltos con polietileno y almacenados a 5 °C con revisiones a los 30 y 60 días. Se determinó que las condiciones en las que se realiza el descanso influyen en la calidad de los cítricos y que dichas alteraciones se mantienen hasta el final de la comercialización. Contenidos elevados de CO<sub>2</sub> durante el descanso no retrasan la evolución del color; sin embargo, los elevados porcentajes de pérdida de peso durante este período provocaron alteraciones en la piel de los frutos luego del almacenamiento refrigerado. Concentraciones altas de CO<sub>2</sub> en la conservación favorecieron la aparición de alteraciones en la piel de los frutos que no son habituales en esta variedad y no se encuentran documentadas.

**Palabras clave:** mandarina Satsuma, desverdizado, descanso, dióxido de carbono, alteraciones fisiológicas.

## ABSTRACT

*The early-season citrus fruit produced in Argentina destined for export is submitted to degreening and tempering before their processing. Although the effects of the degreening and cold storage on quality attributes are well documented, there is no information about the effect of conditions in tempered and cold storage. The aim of this study was to evaluate Satsuma mandarin with different conditions of temperature, relative humidity and CO<sub>2</sub> concentration in tempering processes and study different level of CO<sub>2</sub> in cold storage. Degreening was performed 72 h, with 1-3 ppm ethylene at 21°C and 90% RH, in tempering it was tested: ambient conditions, 21°C with and without humidity control, and fruit wrapped in polythene at 21°C. The fruits were processed on packaging and stored at 5°C for 25 days. The effect of CO<sub>2</sub> on transport was studied in fruits were wrapped*

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Concordia, CC 34 (E3200AQK) Concordia, Entre Ríos, Argentina. Correo electrónico: bello.fernando@inta.gob.ar

in polythene and stored at 5°C during 30 and 60 days. The quality of citrus fruit is affected under tempered parameters and these alterations are maintained until the end of the marketing. High levels of CO<sub>2</sub> in tempered do not delay color development, however high weight loss in tempering can produce undesirable effects in the citrus peel after cold storage. Physiological disorders were higher in cold storage with high levels of CO<sub>2</sub>. In addition, damages are not documented and are not common in this variety.

**Keywords:** degreening, Satsuma, precondition, CO<sub>2</sub>, damage.

## INTRODUCCIÓN

La mandarina Satsuma (*Citrus unshiu*, cv. 'Okitsu') es una variedad de maduración temprana que en la región del Río Uruguay (Argentina) comienza a ser cosechada a mediados del mes de marzo (Anderson, 1996). Sin embargo, esta variedad, como todas aquellas de maduración temprana, presentan la característica que al momento de su cosecha la coloración verde de la piel no es aceptable comercialmente. Por tal motivo, es necesario realizar un proceso de desverdizado, que consiste en la aplicación de etileno exógeno en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa, que permite acelerar el proceso de cambio de color debido a la degradación de la clorofila y simultáneamente la síntesis de carotenoides (Shemer *et al.*, 2008; Matsumoto *et al.*, 2009). No obstante, el desverdizado puede provocar alteraciones fisiológicas en cítricos, como por ejemplo acelerar la caída y ennegrecimiento de los cálices (Navarro *et al.*, 2006; Salvador *et al.*, 2008) y favorecer daños que se producen debido a la exposición a bajas temperaturas durante el almacenamiento (Hatton y Cubbedge, 1981; Yuen *et al.*, 1995), entre otras alteraciones.

En esta zona de producción es una práctica recomendada no procesar los frutos en línea de empaque inmediatamente después de finalizar el desverdizado, por lo que los cítricos se almacenan un tiempo determinado (descanso) en condiciones variables de temperaturas y humedades relativas. Durante este período es importante tener un buen control de las condiciones de almacenamiento debido a que se han documentado daños en la piel de los cítricos asociados a las condiciones previas al almacenamiento refrigerado (Alfárez y Burns, 2004).

Estas variedades de mandarinas de maduración temprana son comercializadas en un gran porcentaje en mercados distantes (Federcitrus, 2012), por lo cual deben ser transportadas largas distancias a bajas temperaturas, condición que podría acentuar las alteraciones asociadas a los procesos de desverdizado y manejo de postcosecha (Sdiri *et al.*, 2012). Diferentes factores pueden inducir similares daños en los frutos, lo que hace difícil determinar el factor preponderante de la alteración (Alfárez *et al.*, 2005). Varios investigadores han informado la influencia de los

contenidos de oxígeno y dióxido de carbono en el desarrollo de daños en la piel de cítricos (Petracek *et al.*, 1998; Tariq *et al.*, 2001). Es por ello que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de distintas condiciones de almacenamiento en el descanso, y luego de la conservación frigorífica en la calidad de mandarinas de la variedad Satsuma que fueron previamente desverdizadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Frutos

Los ensayos se realizaron con mandarinas Satsuma (*Citrus unshiu*, cv. 'Okitsu') provenientes de lotes comerciales de quintas cítricas del departamento Concordia y Federación de la provincia de Entre Ríos. Se tomaron muestras de frutos cosechados en marzo de 2013, previos a su ingreso a las plantas de empaques. Las mandarinas fueron transportadas a los laboratorios de postcosecha de la Estación Experimental Concordia del INTA, donde se seleccionaron y clasificaron frutos homogéneos y libres de daños superficiales.

### 1.º Ensayo. Influencia de las condiciones ambientales en el descanso

Se realizaron tres réplicas de 30 frutos cada uno. Se tomaron al azar 15 frutos por réplica a los cuales se les determinó el peso y el color. Seguidamente todos los frutos recibieron el mismo proceso de desverdizado por un período de 72 horas. El tratamiento se llevó a cabo en una cámara de conservación con inyección discontinua de etileno hasta alcanzar una concentración de entre 1-3 ppm a una temperatura de 21 ± 0,5° C y 95 ± 1% de humedad relativa (HR), con renovaciones de aire discontinuas con un caudal de 12 m<sup>3</sup>/h.

### Temperatura y humedad relativa en el descanso

Para evaluar la influencia de estos parámetros, los frutos fueron expuestos a distintas condiciones de descanso por un período de 72 h, previos a su procesamiento en línea

de empaque. Se estudiaron tres condiciones de descanso sin la aplicación externa de etileno. Cámara 1: condiciones de humedad, temperatura y renovación de aire similares al desverdizado. Cámara 2: condiciones de temperatura y renovación de aire similares al desverdizado sin control de humedad. Galpón: condiciones ambientales en galpón sin control de temperatura y humedad. En la figura 1 se pueden observar los registros ambientales de humedad relativa y temperatura correspondientes al período durante el cual se mantuvieron los frutos en Galpón. Se puede apreciar que la temperatura media fue de 23,4 °C, con registros mayores de 30 °C durante esos días; y la humedad relativa media cercana al 80%.

### Concentración de CO<sub>2</sub> en el descanso

Para evaluar la influencia de CO<sub>2</sub> generado por la fruta en un descanso de 72 h se procedió dejando los frutos de las tres réplicas de un tratamiento envueltos con polietileno de 200 µm de espesor y colocado en condiciones similares al tratamiento descrito anteriormente.

Luego del período de descanso, las mandarinas fueron procesadas en una línea de empaque semicomercial donde los frutos fueron lavados con detergente neutro y cepillos rodantes, enjuagados, secados y encerados con cera de polietileno con un contenido del 18% de sólidos. Posteriormente, los frutos fueron almacenados en cámaras de conservación a una temperatura de 5 ± 0,5° C y 90 ± 1% de humedad, por un período de 25 días. Seguidamente, los

frutos se almacenaron a 20 ± 0,5° C simulando las condiciones de comercialización.

La pérdida de peso se evaluó a la salida de desverdizado, descanso, conservación y comercialización, mientras que el índice de color se determinó en las tres primeras salidas. El porcentaje de frutos dañados fue evaluado a la salida de conservación y comercialización.

### 2.º Ensayo. Influencia de las condiciones ambientales en la conservación

Se trabajó con frutos provenientes de quintas de productores del departamento de Federación, Entre Ríos. Se definieron dos lotes (1 y 2) que se diferenciaron en el índice de color inicial. Se tomaron al azar 15 frutos por lote a los cuales se les determinó el índice de color y el peso. Las mandarinas fueron colocadas en un ambiente con 1-3 ppm de etileno, 21 ± 0,5° C y 90 ± 1% HR por un período de 72 horas. Seguidamente, se dejó descansar por un período similar sin la aplicación de etileno y manteniendo las demás condiciones constantes. Luego, las mandarinas fueron procesadas en una línea de empaque semicomercial de forma similar al ensayo anteriormente descrito. Posteriormente, los frutos de ambos lotes fueron divididos en dos tratamientos consistentes en tres réplicas de 30 frutos cada uno. Previo al almacenamiento, los frutos de un tratamiento fueron envueltos con polietileno de 200 µm de

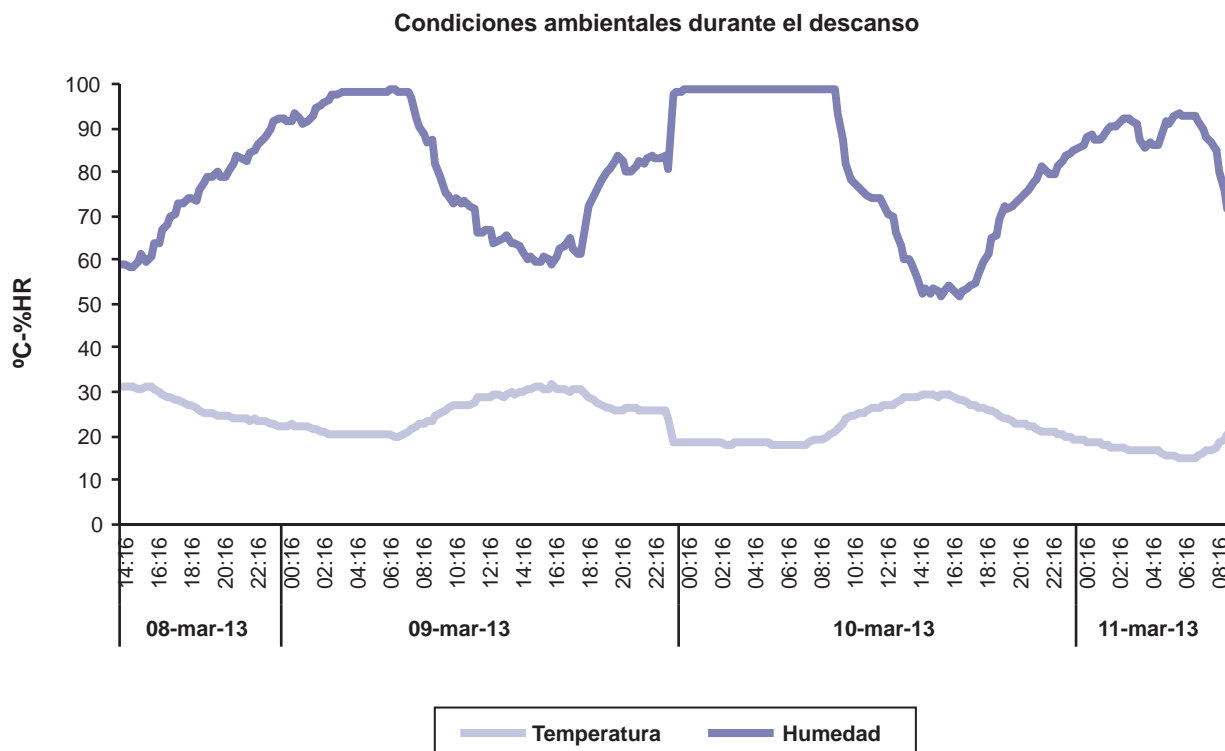


Figura 1. Evolución de la temperatura y la humedad relativa ambiental durante los días de descanso en galpón.

espesor para lograr un incremento de la concentración de CO<sub>2</sub>. Las mandarinas fueron almacenadas 30 y 60 días en cámaras de conservación con una temperatura de 5 ± 0,5° C y 90 ± 1% HR. Al finalizar cada período de conservación se evaluaron los tratamientos con y sin envoltura de ambos lotes. Seguidamente, los frutos se almacenaron a 20 ± 0,5° C simulando las condiciones de comercialización, todos sin envolturas. Se realizaron determinaciones de índice de color y pérdida de peso luego del proceso de descanso, conservación y comercialización. Se realizó, además, el recuento de frutos dañados y la determinación del índice de madurez, definida como el cociente del contenido de los sólidos solubles y la acidez.

### Análisis de calidad

Se determinó el color por medio del Índice de Color ICC = 1000a/Lb (Jiménez-Cuesta *et al.*, 1981), con colorímetro triestímulo Minolta modelo CR-300. Para cada fruto se realizaron dos determinaciones en su parte ecuatorial y en puntos equidistantes. Este parámetro se expresó como valor absoluto (ICC) o como la diferencia de ICC entre dos etapas del proceso ( $\Delta$  ICC). La pérdida de peso fue determinada como porcentaje con respecto al peso inicial, se utilizó para ello una balanza Sartorius, modelo LC 1200S. La calidad interna de los frutos se evaluó sobre tres muestras de cinco frutos por tratamiento. El porcentaje de jugo se determinó mediante extracción manual del jugo de tres repeticiones de cinco frutos por cada réplica, como el cociente del volumen (mL) y el peso (g) expresándolo en forma porcentual. Los sólidos solubles se determinaron en el jugo obtenido de cada réplica, se utilizó un refractómetro digital Atago modelo Pocket PAL-1, y se expresó como porcentaje de sólidos disueltos. La acidez se midió por titulación volumétrica del jugo obtenido de tres réplicas de cinco frutos. Se utilizó hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N, utilizando fenolftaleína como indicador y expresando el resultado como mg de ácido cítrico en 100 ml de jugo. El índice de madurez se calculó como el cociente entre los sólidos solubles y la acidez. La concentración de CO<sub>2</sub> se determinó por medio de tubos colorimétricos con una bomba manual marca Gastec modelo 801.

### Análisis estadísticos

Los procedimientos estadísticos fueron realizados utilizando un software (Statgraphics plus 5.1, Manugistics, Inc., Rockville, MD, USA). Todos los datos fueron sujetos a un análisis de varianza (ANVA), y las medias fueron comparadas usando el test de Tukey para P < 0,05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los parámetros internos de calidad de los frutos al iniciar los ensayos. En la misma se puede observar que los valores de porcentaje de jugo son aceptables para los distintos ensayos y que difieren significativamente entre ellos en el índice de madurez. Se debe tener en cuenta que el límite exigido por la legislación (IASCAV, 1993) para la comercialización de esta especie es de 7.

### 1.º Ensayo. Temperatura y humedad relativa en el descanso

Los valores iniciales de índice de color (ICC) para los frutos de este ensayo fueron: Cámara 1: -12,5 +/- 1,7; para los frutos en Cámara 2: -12,6 +/- 1,8 y de -11,1 +/- 1,9 para los frutos en Galpón.

Luego del proceso de desverdizado, los distintos tratamientos no presentaron diferencias significativas en el incremento de índice de color ( $\Delta$ ICC) antes y después de este proceso con valores cercanos a 9 (tabla 2). Sin embargo, luego del período de descanso se observa que el tratamiento en Galpón presentó diferencias significativas en la variación de este parámetro con respecto a los demás, lo que podría deberse a la mayor temperatura media a la que fueron expuestos los frutos, con registros superiores a 30° C. Distintos investigadores encontraron una menor evolución del color en frutos sometidos a temperatura elevadas durante el proceso de desverdizado (Plaza *et al.*, 2004; Tietel *et al.*, 2010). En estudios previos realizados en Concordia, en otras variedades se determinó que la evolución ICC luego del desverdizado a 21 °C y 28 °C fue menor a mayor temperatura (datos no publicados). La temperatura óptima de degradación de clorofila es alrededor de 28° C, la de síntesis de carotenoides de 18 °C y la de respiración y otros procesos no deseables de 40 °C. A 30 °C, se paraliza completamente la síntesis de carotenoides y se inicia su degradación (Jiménez-Cuesta *et al.*, 1983).

Los ICC a la salida de conservación y comercialización no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, alcanzando valores normales para esta variedad de mandarinas, cercanos a 1,5 y superiores a 2 a la salida de conservación y comercialización, respectivamente. Esto estaría indicando una coloración con tonalidad amarilla muy aceptable para su comercialización. Similares evoluciones de color fueron reportados por otros investigadores (Vázquez *et al.*, 2004; Meier *et al.*, 2008) que realizaron experiencias partiendo de ICC similares.

Ensayo	Porcentaje de jugo	Sólidos solubles	Acidez	Índice de madurez
1º	46,6 +/- 1,1	10,1 +/- 0,4	2,09 +/- 0,10	4,85 +/- 0,3
Lote 1	42,0 +/- 2,8	9,1 +/- 0,2	0,73 +/- 0,06	12,4 +/- 0,8
2º	41,5 +/- 6,3	9,8 +/- 0,2	0,98 +/- 0,10	10,0 +/- 0,9
Lote 2				

Tabla 1. Calidad interna de mandarinas al momento de la cosecha (promedios y desviación estándar).

Tratamiento	$\Delta$ ICC	$\Delta$ ICC
	Desverdizado - Inicial	Descanso - desverdizado
Cámara 1	9,16 +/- 1,26 a	3,17 +/- 0,92 a
Cámara 2	9,13 +/- 1,02 a	3,22 +/- 1,12 a
Galpón	8,59 +/- 1,34 a	2,65 +/- 0,84 b

**Tabla 2.** Incremento del índice de color en los frutos al finalizar los procesos de desverdizado y descanso.

Letras distintas para una misma columna indican diferencias significativas. Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Las pérdidas de peso de los frutos para los distintos tratamientos se pueden observar en la figura 2, se muestra un comportamiento similar al índice de color, siendo los frutos del tratamiento Galpón los que presentaron una mayor pérdida de peso, la cual se mantuvo durante todo el proceso. Estas importantes deshidrataciones producidas en el descanso serían las responsables del elevado porcentaje de frutos con manchas (24,4% +/- 6,9) a su salida de conservación de 25 días a 5 °C. Los mismos presentaron una alteración en la piel características de frutos que sufren una elevada pérdida de peso. Este tratamiento se diferenció significativamente con respecto a la fruta que fue mantenida en cámaras 1 y 2, que alcanzaron porcentajes de frutos manchados de 7,8% +/- 5,1 y 10,0% +/- 3,4, respectivamente.

#### Contenido de CO<sub>2</sub> en el descanso.

Los frutos que fueron recubiertos con polietileno alcanzaron al final del descanso una concentración de CO<sub>2</sub> cercana a los 2.500 ppm. El índice de color no fue afectado por esta concentración de dióxido de carbono luego del descanso ni durante la posterior conservación (figura 3).

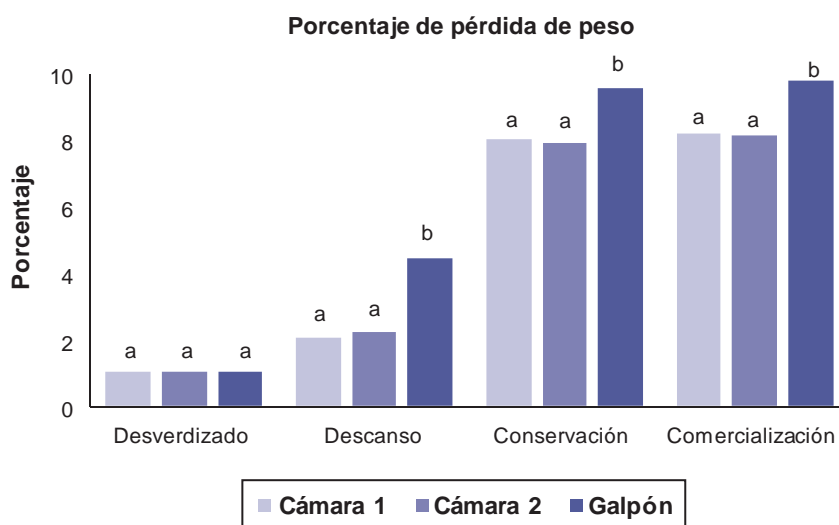
La pérdida de peso de las mandarinas puede observarse en la tabla 3. Las menores pérdidas de peso en los frutos con film presentaron diferencias significativas a partir del descanso. Como consecuencia, este tratamiento logra un menor recuento de daños asociados a la deshidratación al final de la conservación, disminuyendo de 7,8% +/- 5,1 a un 1,1% +/- 1,9 los frutos con daños.

#### 2.º Ensayo. Condiciones ambientales en la conservación

Las mandarinas de los tratamientos que fueron recubiertos con film alcanzaron, en una conservación de 30 días, concentraciones de CO<sub>2</sub> promedio de 6.000 ppm para las tres repeticiones del lote 1 y de 3.500 ppm para el lote 2. Mientras que para una conservación de 60 días, los valores fueron de 10.000 ppm para el lote 1 y de 7.800 ppm para el lote 2.

Los frutos del lote 1 iniciaron el ensayo con un rango de índice de color entre -8,9 a -10,8 mientras que para el lote 2 el rango fue de -11,2 a -14,4 (valores que representan colores verdosos en los frutos). Luego de los procesos de desverdizado y descanso, las mandarinas alcanzaron valores cercanos a 0 para el primer lote, y de -1 para el segundo (tonalidades amarillas en los frutos); como puede observarse en las tablas 4 y 5.

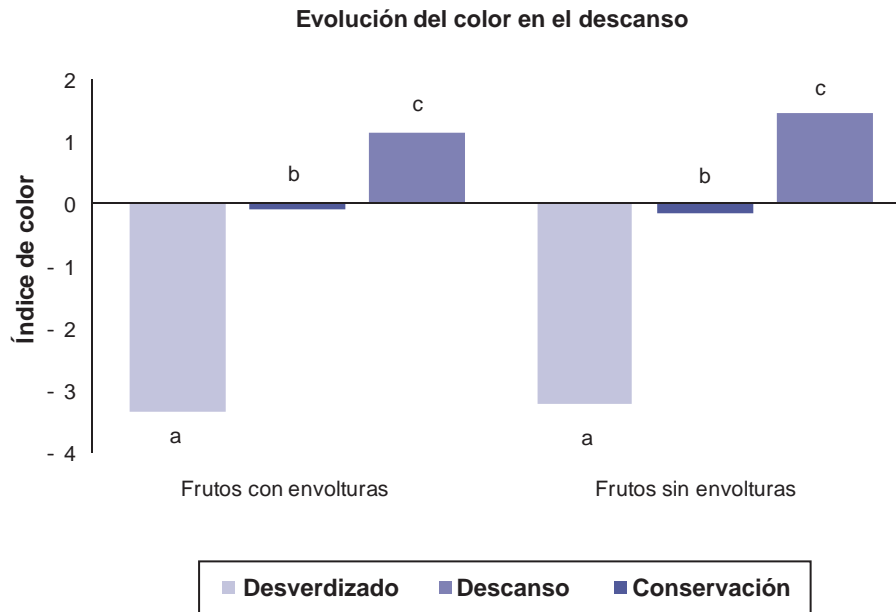
El índice de color de las mandarinas, luego de una conservación de 30 días, evolucionó, observándose una diferencia significativa entre tratamientos para los frutos del lote 1 y sin diferencias para el lote 2. Similar comportamiento se puede observar luego del período de comercialización. Si bien estadísticamente se observaron diferencias entre las medidas instrumentales de ICC entre los tratamientos del lote 1, debido a que dichas diferencias



**Figura 2.** Pérdida de peso porcentual de mandarinas durante el ensayo

Letras diferentes dentro de una misma salida presentan diferencias significativas Tukey ( $P \leq 0,05$ ).





**Figura 3.** Evolución del Índice de color en mandarina Satsuma. Letras diferentes para una misma salida presentan diferencias significativas Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Tratamiento	Pérdida de peso			
	Desverdizado	Descanso	30 días	30+7 días
Sin Film	1,00 +/- 0,3 a	2,01 +/- 0,5 b	7,96 +/- 1,4 b	8,05 +/- 1,4 b
Con Film	0,94 +/- 0,2 a	1,29 +/- 0,2 a	6,33 +/- 0,9 a	6,43 +/- 0,8 a

**Tabla 3.** Pérdida de peso en frutos con y sin envoltura plástica. Letras distintas para una misma columna indican diferencias significativas. Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Lote	Tratamiento	Evolución del ICC en una conservación de 30 días		
		Descanso	30 días	30+7 días
Lote 1	Sin Film	0,00 +/- 1,17 a	2,52 +/- 0,94 a	3,27 +/- 0,94 a
	Con Film	- 0,28 +/- 1,17 a	3,24 +/- 0,92 b	4,12 +/- 1,00 b
Lote 2	Sin Film	- 0,62 +/- 1,65 A	3,15 +/- 1,09 A	4,08 +/- 1,12 A
	Con Film	- 1,19 +/- 1,32 A	2,67 +/- 0,98 A	3,70 +/- 1,00 A

**Tabla 4.** Valores de ICC de mandarinas luego del descanso, conservación de 30 días y comercialización. Letras minúsculas distintas para una misma columna y lote indican diferencias significativas. Letras mayúsculas distintas para una misma columna y lote indican diferencias significativas. Tukey ( $P \leq 0,05$ )

son menores a 1 no pueden ser detectadas sensorialmente (Bello *et al.*, 2012).

Luego de una conservación de 60 días no se observan diferencias en el color de los frutos en el lote 1, mientras que en el lote 2 se conservan las diferencias que se desarrollaron en el descanso. No obstante, las mismas no pueden ser detectadas visualmente, sino solo a través de mediciones instrumentales.

Las pérdidas de peso en los tratamientos con conservaciones cortas (30 días) alcanzaron valores cercanos al 3% aproximadamente, en los frutos con y sin envoltura del primer lote, con pesos de mandarinas en un rango de 127 a 155 g. Mientras que para el segundo lote los valores de pérdida de peso fueron del 5% y 11% para los tratamientos con y sin envoltura respectivamente, y con un rango de peso entre 90 a 112 g. En ambos casos, las menores pérdidas de peso se observaron en los fru-

Lote	Tratamiento	Evolución del ICC en una conservación de 60 días		
		Descanso	Conservación	Comercialización
Lote 1	Sin Film	0,06 +/- 1,21 a	4,42 +/- 1,13 a	5,66 +/- 1,25 a
	Con Film	-0,23 +/- 1,28 a	4,74 +/- 1,41 a	6,14 +/- 1,19 a
Lote 2	Sin Film	-0,66 +/- 1,54 A	4,36 +/- 1,15 A	5,95 +/- 1,19 A
	Con Film	-1,63 +/- 1,85 B	4,94 +/- 1,24 B	6,68 +/- 1,11 B

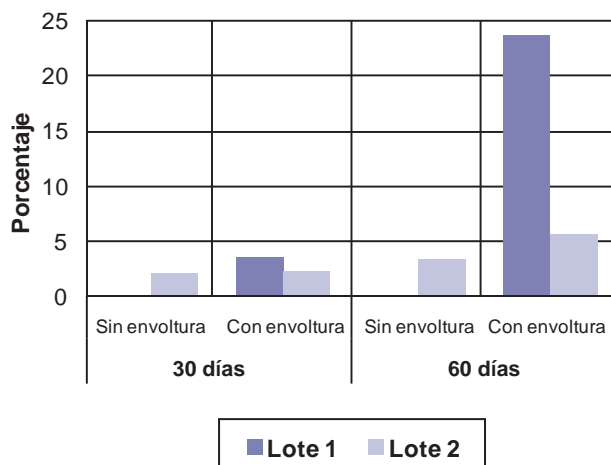
**Tabla 5.** Valores de ICC de mandarinas luego del descanso, conservación de 60 días y comercialización.

Letras minúsculas distintas para una misma columna y lote indican diferencias significativas. Letras mayúsculas distintas para una misma columna y lote indican diferencias significativas. Tukey ( $P \leq 0,05$ )

tos envueltos con polietileno. En frutos sometidos a una conservación de 60 días se observó un comportamiento similar. En el lote 1, frutos con y sin envoltura, alcanzaron valores de 4,2% y 9,9% de pérdida de peso, respectivamente. Mientras que para el segundo lote las pérdidas de peso fueron del 6% y 13%.



**Porcentaje de fruto con daños**



**Figura 4.** Frutos con daños a los distintos tiempos de conservación a 5 °C.

Cabe destacar que los frutos en este ensayo no desarrollaron los típicos síntomas de manchado de la piel asociados a deshidratación o daño por frío (picado), sino que los mismos se manifestaron como un daño superficial más o menos extenso de color pardo a oscuro, como se ve en la fotografía. Este daño pudo observarse a los 30 días de conservación con un recuento menor al 5% en frutos envueltos con polietileno provenientes del lote 1; mientras que en el lote 2, se pudo observar en los frutos con y sin envoltura. Por el contrario, a los 60 días de almacenamiento, el recuento de frutos con este tipo de alteración superó el 20% en frutos envueltos proveniente del lote 1, mientras que en el lote 2 los porcentajes fueron de alrededor del 5% (figura 4).

#### Síntoma de daños desarrollados en los frutos de mandarinas Satsumas en conservación a 5 °C durante 60 días.

Diferentes investigadores (Hatton y Cubbedge, 1981; Lafuente *et al.*, 2001; Salvador *et al.*, 2006; Kazuhiro-Edagi *et al.*, 2010) han demostrado que el etileno puede desempeñar un papel importante en el desarrollo de alteraciones en la piel de los frutos, como por ejemplo el daño por frío. En otras regiones de producción (Ghasemnezhad *et al.*, 2008) la variedad Satsuma sin desverdizado previo, al ser almacenada a 2 °C, presentó un daño por frío con características similares a las observadas en nuestros ensayos. En las condiciones de este trabajo no se produjeron síntomas típicos de daño por frío, siendo la temperatura de almacenamiento la de uso frecuente en la conservación de cítricos en la zona. Debido al distinto comportamiento observado en los frutos de ambos lotes se considera que la aparición de este tipo de alteraciones no obedece exclusivamente a las condiciones de manejo y conservación en postcosecha.

#### CONCLUSIONES

Los ensayos realizados indican que las condiciones ambientales a las que son sometidos los frutos durante todo el proceso de desverdizado y almacenamiento pueden alterar significativamente la calidad de los frutos tratados. Se recomienda que el descanso de los frutos, luego del

desverdizado, se realice bajo condiciones de humedad y temperatura controladas para mejorar la evolución del índice de color, minimizar la pérdida de peso de los frutos y las alteraciones fisiológicas asociadas. Se pudo identificar que elevadas concentraciones de dióxido de carbono en cortos períodos de tiempo no alteran la evolución del color en mandarinas Satsuma. Sin embargo, cuando la exposición a altas concentraciones del gas se prolonga en el tiempo, podría favorecerse la aparición de alteraciones fisiológicas en la piel de los frutos de esta variedad. Las alteraciones fisiológicas observadas en el presente trabajo no pueden ser atribuidas exclusivamente a condiciones de manejo postcosecha, no obstante, se ven acentuadas por conservaciones prolongadas y con elevados contenidos de dióxido de carbono.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de Laura Eyman, Mariela Derudder, productores citrícolas y la financiación del Proyecto PNAlyAV-1130043.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALFEREZ, F.; BURNS, J. 2004. Postharvest peel pitting at non-chilling temperatures in grapefruit is promoted by changes from low to high relative humidity during storage. *Postharvest Biology and Technology* 32:79–87.
- ALFEREZ, F.; ZACARIAS, L.; BURNS, J. 2005. Low relative humidity at harvest and before storage at high humidity influence the severity of postharvest peel pitting in citrus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130 (2):225-231.
- ANDERSON, C. 1996. Variedades cultivadas en el área del río Uruguay. En: *Manual para productores de naranjas y mandarinas de la región del río Uruguay*. INTA. Cap. 7:63-92.
- BELLO, F.; VÁZQUEZ, D.; ALMIRÓN, N.; MEIER, G.; COCCO, M. 2012. Sensory analysis as an instrument for colour measurement in Satsuma and Nova mandarin fruits. En: *Proc. Int. Soc. Citriculture*, Valencia, España. p. 362.
- FEDERCITRUS (Federación Argentina del Citrus). 2012. La actividad citrícola Argentina. Anuario estadístico de la citricultura argentina, comprende el período 2011.
- HATTON, T.; CUBBEDGE, R. 1981. Effects of ethylene on chilling injury and subsequent decay of conditioned Early "Marsh" grapefruit during low-temperature storage. *HortScience* 16 (6):783-784.
- GHASEMNEZHAD, M.; MARSH, K.; SHILTON, R.; BABALAR, M.; WOOLF, A. 2008. Effect of hot water treatments on chilling injury and heat damage in 'satsuma' mandarins: Antioxidant enzymes and vacuolar ATPase, and pyrophosphatase. *Postharvest Biology and Technology* 48:364–371.
- KAZUHIRO-EDAGI, F.; LYE JOMORI, M.; KLUGE, R.; PEREIRA, G.; AZEVEDO, R.; SESTARÍ, I. 2010. Inibição da ação do etileno retarda o desenvolvimento de injúrias de frio em tangor 'Murcott'. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.40, n.7, p.1530-1536.
- IASCAV. 1993. Reglamentaciones de Frutas Frescas Cítricas para el Mercado Interno y la Exportación.
- JIMÉNEZ-CUESTA, M.; CUQUERELLA, J.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M. 1981. Determination of a color index for citrus fruit degreening. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 2:750–753.
- JIMÉNEZ-CUESTA, M.; CUQUERELLA, J.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M. 1983. Teoría y práctica de la desverdización de los cítricos. INIA.
- LAFUENTE, M.; ZACARIAS, L.; MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M.; SÁNCHEZ-BALLESTA, DUPILLE, E. 2001. Phenylalanine Ammonia-lyase As Related to Ethylene in the Development of Chilling Symptoms during Cold Storage of Citrus Fruits. *J. Agric. Food Chem.* 49:6020-6025
- MATSUMOTO, H.; IKOMA, Y.; KATO, M.; NAKAJIMA, N.; HOSAGAWA, Y. 2009. Effect of postharvest temperature and ethylene on carotenoid accumulation in the flavedo and juice sacs of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit. *J. Agric. Food Chem.* 57:4724–4732.
- MEIER, G.; COCCO, M.; VÁZQUEZ, D. 2008. Desverdizado de frutos cítricos. Experiencias en naranjas y mandarinas. Serie de Extensión N.º 3. 26 pp.
- NAVARRO, P.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M.; CUQUERELLA, J.; SALVADOR, A.; MONTERDE, A. 2006. Respuesta a la desverdización de nuevas variedades extratempranas de Clementinas. *Levante Agrícola* nº 381:216-221.
- PLAZA, P.; SANBRUNO, A.; USALL, J.; LAMARCA, N.; TORRES, R.; PONS, J.; 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.
- PETRACEK, P.; DOU, H.; PAO, S. 1998. The influence of applied waxes on postharvest physiological behavior and pitting of grapefruit. *Postharvest Biology and Technology* 14:99–106.
- SALVADOR, A.; CARVALHO, C.P.; MONTERDE, A.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M. 2006. 1-MCP Effect on chilling injury development in 'Nova' and 'Ortanique' mandarins. *Food Science and Technology International* 12:165-170.
- SALVADOR, A.; NAVARRO, P.; MONTERDE, A.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M. 2008. Postharvest application of auxins to control calyx senescence in clementines submitted to degreening treatment. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 11:1377–1382.
- SDIRI, S.; NAVARRO, P.; MONTERDE, A.; BENABDA, J.; SALVADOR, A. 2012. New degreening treatments to improve the quality of citrus fruit combining different periods with and without ethylene exposure. *Postharvest Biology and Technology* 63:25–32.
- SHEMER, T.A.; HARPAZ-SAAD, S.; BELAUSOY, E.; LOVAT, N.; KROKHIN, O.; SPICER, V.; STANDING, K.G.; GOLDSCHMIDT, E.E.; EYAL, Y. 2008. *Citrus chlorophyllase* dynamics at ethylene-induced fruit color-break: a study of chlorophyllase expression, posttranslational processing kinetics, and *in situ* intracellular localization. *Plant Physiol.* 148:108–118.
- TARIQ, M.; TAHIR, F.; ASI, A.; PERVEZ, M. 2001. Effect of Controlled Atmosphere Storage on Damaged Citrus Fruit Quality. *Int. J. Agri. Biol.* 3(1).
- TIETEL, Z.; WEISS, B.; LEWINSOHN, E.; FALLIK, E.; PORAT, R. 2010. Improving taste and peel color of early-season Satsuma mandarins by combining high-temperature conditioning and degreening treatments. *Postharvest Biology and Technology* 57:1–5.
- VÁZQUEZ, D.; MEIER, G.; COCCO, M.; VALLEJOS, E. 2004. Desverdización de mandarinas y naranjas tempranas con destino a los mercados de exportación. Carta Circular RIAC N.º 23 y 24, Poscosecha de cítricos y algunos temas de comercialización, 2-8.
- YUEN, C.M.C.; TRIDJAJA, N.O.; WILLS, R.B.H.; WILD, B.L., 1995. Chilling injury development of 'Tahitian' lime, 'Emperor' mandarin, 'Marsh' grapefruit and 'Valencia' orange. *J. Sci. Food Agric.* 67:335–339.