

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

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

por

Ricardo Federico SCAPARONI BACHINI

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO

URUGUAY

2019

Tesis aprobada por:

Director: _____

Ing. Agr. Dra. Joanna Lado

Ing. Agr. Dr. Matías Manzi

Ing. Agr. MSc. Ana Paula Mautone

Fecha: 12 de diciembre de 2019

Autor: _____

Ricardo Federico Scaparoni Bachini

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a mi familia por el apoyo brindado durante toda la carrera.

A mi novia y mis amigos los cuales siempre estuvieron a mi lado.

A Joanna, Gerónimo, Pedro, Eleana y Ana Inés por ayudarme en este trabajo en todo momento.

A la gente de INTA Concordia, que me permitieron realizar evaluaciones y me brindaron toda la información necesaria.

A Beatriz Vignale por prestarme bibliografía en todo momento que lo necesité.

Al personal de biblioteca, en especial a Sully Toledo por todas las correcciones realizadas.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 ASPECTOS GENERALES.....	3
2.1.1 <u>La citricultura en Uruguay</u>	3
2.2 EL FRUTO CÍTRICO Y EL MANEJO POSTCOSECHA.....	4
2.2.1 <u>Características de las frutas cítricas</u>	4
2.2.2 <u>Recolección del fruto</u>	5
2.2.3 <u>Desverdizado</u>	7
2.2.4 <u>Procesamiento en línea de empaque</u>	9
2.2.5 <u>Encerado</u>	10
2.2.5.1 Tipos de recubrimientos.....	11
2.3 PRINCIPALES CAUSAS DE PÉRDIDA DE CALIDAD EN POSTCOSECHA.....	12
2.3.1 <u>Desórdenes fisiológicos</u>	12
2.3.1.1 Manchas por desverdizado.....	13
2.3.1.2 Deshidratación.....	13
2.3.1.3 Envejecimiento peduncular (SERB- Stem end Rind Breakdown)	14
2.3.1.4 Daño por frío (chilling injury).....	14
2.3.2 <u>Podredumbres</u>	15
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	16
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO.....	16
3.1.1 <u>Material vegetal</u>	16
3.1.2 <u>Manejo de la fruta</u>	16
3.1.2.1 Aplicación de los recubrimientos.....	16
3.1.2.2 Conservación frigorífica y vida mostrador.....	17
3.2 METODOLOGÍA DE LABORATORIO.....	17
3.2.1 <u>Brillo</u>	17
3.2.2 <u>Estado del cáliz</u>	17
3.2.3 <u>Frutos con deshidratado, manchas, podredumbres y daño por frío</u> ..	18

3.2.4 <u>Pérdida de peso</u>	18
3.2.5 <u>Color externo</u>	18
3.2.6 <u>Firmeza</u>	18
3.2.7 <u>Sólidos solubles, acidez e índice de madurez (ratio)</u>	19
3.2.8 <u>Determinaciones de acetaldehído y etanol</u>	19
3.3 METODOLOGÍA ESTADÍSTICA	20
3.3.1 <u>Diseño experimental</u>	20
3.3.2 <u>Análisis estadístico</u>	20
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	21
4.1 EVALUACIÓN DEL COLOR EXTERNO DE LOS FRUTOS	21
4.2 BRILLO	22
4.3 PÉRDIDA DE PESO Y DESHIDRATADO	23
4.4 APARIENCIA EXTERNA	25
4.4.1 <u>Estado del cáliz</u>	27
4.4.2 <u>Incidencia de defectos, manchados en la piel y podridos</u>	29
4.5 FIRMEZA	31
4.6 CALIDAD INTERNA.....	33
4.6.1 <u>Sólidos solubles, acidez y ratio</u>	33
4.6.2 <u>Acetaldehído y etanol</u>	36
5. <u>CONCLUSIONES</u>	41
6. <u>RESUMEN</u>	43
7. <u>SUMMARY</u>	44
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	45

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Índice de color de cáscara (ICC) en mandarinas Clementina de Nules y en naranjas Navelina según tratamiento y momento de evaluación.....	21
2. Evaluación de la firmeza de fruto (deformación expresada en mm), según momento de evaluación en mandarinas Clementina de Nules y en naranjas Navelina.....	32
3. Contenido de sólidos solubles-SS (°Brix), acidez titulable-AT (g/100 ml) y ratio (SS/AT) en Clementina de Nules en cada momento de evaluación.....	34
4. Contenido de sólidos solubles-SS (°Brix), acidez titulable - AT (g/100 ml) y ratio (SS/AT) en Navelina en cada momento de evaluación.	35
Figura No.	
1. Pérdida de peso de los frutos en mandarinas Clementina de Nules (A) y en naranjas Navelina (B) según tratamiento y momento de evaluación.	23
2. Incidencia de deshidratación (% de frutos deshidratados) en mandarinas Clementina de Nules (A) y en naranjas Navelina (B) según tratamiento y momento de evaluación.	24
3. Apariencia externa de los frutos de mandarinas Clementina de Nules según tratamiento tras 6 semanas en frío y 6 semanas en frío + 7 días de VM.....	26
4. Apariencia externa de los frutos en naranjas Navelina según tratamiento tras 6 semanas en frío y 6 semanas en frío + 7 días de VM.	27
5. Evaluación visual del estado del cáliz de los frutos en mandarinas Clementina de Nules (A) y en naranjas Navelina (B) según	

tratamiento luego de 6 semanas en frío, y 6 semanas + 7 días de vida mostrador (VM).....	28
6. Tipos de manchas asociadas mayoritariamente con el deshidratado en Clementina de Nules (1) y en Navelina (2).....	29
7. Podredumbres observadas en los momentos de evaluación.....	30
8. Concentración de acetaldehído (mg.L ⁻¹) en el jugo de mandarinas Clementina de Nules (A) y naranjas Navelina (B) según tratamiento y momento de evaluación.....	37
9. Concentración de etanol (mg.L ⁻¹) en mandarinas Clementina de Nules (A) y naranjas Navelina (B) según tratamiento y momento de evaluación.....	38

1. INTRODUCCIÓN

La producción de cítricos en Uruguay está basada en la exportación de fruta en fresco, lo que conlleva elevados estándares de calidad externa e interna. Actualmente, y de acuerdo con las exigencias cambiantes del mercado, a estos criterios se suman otras características valoradas, tales como sabor, textura, aroma, valor nutricional e inocuidad (Quiñones Montero, 2017). La calidad externa se vuelve clave en este contexto: fruta sin daños aparentes, manchas, insectos o enfermedades, así como también son importantes el tamaño, la forma, la frescura, el color y el sabor. En la actualidad, la mejora de estos atributos se considera decisiva para comercializar la fruta, y además se valora especialmente un producto de fácil pelado y sin semillas. Se incorporó también el concepto de inocuidad y existen exigencias ambientales sobre la forma en que la fruta se produce.

La zona Norte es la principal zona de producción de cítricos del país, comprende el 92% de la superficie y concentra la producción de naranjas, mandarinas y pomelos. En el grupo de las naranjas dulces tipo Navel, en el cual se agrupan las Navelinas, Washington Navel, Lanelate, New Hall, Navel Late y otras Navel, alcanzan en conjunto al 25% de la producción (MGAP. DIEA, 2018b). Dentro del grupo de las mandarinas llamadas Clementinas, que en conjunto alcanzan un 12% de la producción total, se encuentra la Clementina de Nules, que es la principal de este grupo y alcanza un 10% de la producción de Clementinas (MGAP. DIEA, 2018b).

La exportación de fruta fresca a mercados distantes conlleva el desafío de mantener la calidad de los frutos durante extensos períodos de transporte. El ingreso de Uruguay a nuevos mercados como Estados Unidos de América y Asia, consistió en una mejora de los precios y por lo tanto en la rentabilidad del rubro, pero también conlleva la aplicación de un tratamiento de frío cuarentenario obligatorio para el control de la mosca de la fruta. Los cítricos son sensibles a las bajas temperaturas y desarrollan daños característicos en la piel, que se conocen como daño por frío, y consisten en manchas irregulares, de diferentes tamaños, de color marrón que provocan un hundimiento en superficie. Estos síntomas deterioran en forma importante la calidad comercial de los frutos una vez en destino y son fuente de diversos reclamos para las empresas uruguayas exportadoras.

El uso de recubrimientos, principalmente ceras, con distinta concentración de sólidos, tiene como objetivo el evitar la deshidratación de los frutos y brindarles una apariencia destacada, así como minimizar la aparición de manchas en la piel y la pérdida de peso, además de prolongar la vida postcosecha del producto. Trabajos nacionales muestran que las ceras

minimizan la aparición y agravamiento de los síntomas de daño por frío en la piel de los cítricos, por lo que su utilización para estos mercados distantes es fundamental. Las empresas citrícolas uruguayas plantearon la necesidad de contar con información sobre ceras alternativas a la UE 18% de sólidos utilizada actualmente en naranjas y mandarinas, valorando el secado rápido en condiciones de humedad relativa elevada, así como la permanencia del brillo durante períodos más extensos. En este marco, el trabajo plantea evaluar el desempeño de diferentes recubrimientos en el mantenimiento de la apariencia y calidad interna y en evitar la pérdida de peso de Clementinas y naranjas Navelina durante el almacenamiento refrigerado.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ASPECTOS GENERALES

2.1.1 La citricultura en Uruguay

La citricultura es el principal rubro frutícola de Uruguay: abarca una superficie efectiva aproximada de 14.500 ha, con 6,9 millones de plantas totales, de las cuales 5,9 millones (85%) se encuentran en producción.

Se distinguen en el país dos zonas que se concentra la producción comercial: la zona Norte o litoral Norte, con plantaciones en los departamentos de Salto, Paysandú y Artigas y la zona Sur, al Sur del Río Negro, constituida principalmente por plantaciones en los departamentos de San José, Colonia, Canelones y Montevideo (MGAP. DIEA, 2018b). Las principales especies cultivadas son las naranjas, con una superficie de 7032 ha, las mandarinas, 5481 ha, los limones, 1874 ha y, por último, los pomelos con apenas 77 ha (MGAP. DIEA, 2018b). La mayor parte de la producción de naranjas (98%) y mandarinas (95%) se concentra en la zona Norte o litoral Norte (MGAP. DIEA, 2018b). La producción nacional osciló entre 234 y 288 mil toneladas en los últimos 5 años, con un promedio de 261.844 ton, exportándose en promedio el 40% de la producción. De esta producción el 49,5% correspondió a naranjas, el 37% a mandarinas, el 13% a limones y el 0,5% a pomelos (MGAP. DIEA 2014, 2015, 2016, 2017, 2018a). La mayoría de los descartes de exportación se relacionan con defectos en la piel de los frutos, como ser manchas diversas, daños por rameado, incidencia de plagas y enfermedades, entre otros.¹

El principal objetivo de la producción nacional de cítricos es la exportación como fruta fresca (MGAP. DIEA, 2018b). Como destino clave y en crecimiento de la fruta cítrica uruguaya se encuentra Estados Unidos, que en 2018 representó el 37% del total exportado. Le siguieron la Unión Europea (UE), con el 36%, Brasil con 11%, Rusia 7%, Canadá 3% y China con el 1% (Ackermann y Díaz, 2018).

Los principales destinos de exportación presentan diferentes exigencias tanto en sanidad como en calidad del producto, los cuales son requisitos fundamentales que se deben cumplir para poder ingresar a los mismos. Actualmente existen plagas y enfermedades que no se encuentran en los mercados de destino y por lo tanto son cuarentenarias, tal es el caso de la

¹ Pastore, A.; Puppo, A.; Zócalo, P. 2019. Com. personal.

mosca de la fruta (*Anastrepha fraterculus*; *Ceratitis capitata*) en Estados Unidos, el cancro cítrico (*Xanthomonas citri* subsp. *citri*) y mancha negra (*Guignardia citricarpa*) en la Unión Europea. Se exige, por lo tanto, que la fruta esté libre de estas plagas y enfermedades, y, en el caso de la exportación a los Estados Unidos, la fruta debe cumplir un tratamiento cuarentenario de frío que establece el envío a temperaturas de 35°F (1,67°C) o menores por un período de al menos 17 días (USDA. APHIS, 2016)

Los envíos tienen una duración aproximada de 27 días a los Estados Unidos los cuales se envían a temperaturas de cuarentena, y de 22-28 días a la Unión Europea que se envían a una temperatura de entre 4 y 6 °C.²

En estos principales destinos de exportación la sanidad e inocuidad son fundamentales, pero también lo es la calidad del producto. En este sentido, es clave cumplir con determinados estándares de calidad y existen variables que son determinantes para la exportación. Entre ellas destacan el tamaño (calibre) y la forma, el peso, el color, la firmeza, el contenido de jugo (%) y el índice de madurez (sólidos solubles (°Brix) / acidez titulable (% ácido cítrico)) (Lado et al., 2014). También aportan a la calidad del fruto la presencia/ausencia de semillas, la facilidad de pelado, el aroma, el sabor, la ausencia de alteraciones fisiológicas, entre otros. Entre estas variables, existen algunas como el color, el brillo, la ausencia de manchas o deshidratación y la firmeza que orientan al consumidor acerca del grado de frescura del fruto. También existen exigencias muy estrictas en relación a la inocuidad de los frutos, las cuales varían en función de los mercados y clientes (límites máximos de residuos de plaguicidas) (Mazzuz 1996, Lado et al. 2014).

2.2 EL FRUTO CÍTRICO Y EL MANEJO POSTCOSECHA

2.2.1 Características de las frutas cítricas

El fruto de los cítricos es un tipo de baya llamado hesperidio (Schneider 1968, Agustí 2003). Su piel circunda la porción comestible de la fruta, la cual se compone de un exocarpo exterior coloreado (flavedo) y un mesocarpo interior blanco, esponjoso (albedo). La porción comestible (endocarpo) comprende la parte interna de los carpelos que se conforma en segmentos (gajos) que contienen semillas y vesículas de jugo. Estos frutos están formados por vesículas de jugo agrupadas en sacos o gajos, derivadas de las membranas carpelares. La piel protege la fruta de los posibles daños durante la manipulación y desecación durante el almacenamiento (Davies y Albrigo, 1994).

² Pastore, A. 2019. Com. personal.

Cabe destacar que la maduración interna y externa (coloración) de estos frutos son dos procesos distintos y regulados de forma independiente. Por esta razón, los frutos de algunas variedades alcanzan el índice de madurez recomendado para su comercialización antes de cambiar de color externamente. En estos casos resulta rentable provocar la coloración del fruto, con el fin de anticipar su venta mediante la aplicación de etileno en cámaras de almacenamiento, proceso conocido como desverdizado (Porat, 2008). Este manejo postcosecha es especialmente importante en las variedades tempranas más precoces, puesto que supone iniciar antes el ciclo de comercialización y obtener mayores precios (Agustí, 2003).

Una vez cosechados, los frutos continúan con los procesos de respiración y senescencia, por lo que pierden rápidamente calidad comercial (Agustí, 2003). A diferencia de los frutos que acumulan almidón como la manzana, los frutos cítricos acumulan azúcares como la glucosa, fructosa y sacarosa en la pulpa durante la maduración. Durante este proceso y también en el almacenamiento disminuye el contenido de ácidos, siendo el principal el ácido cítrico, los cuales son utilizados como fuente de energía para la respiración. Estos también pueden diluirse o concentrarse dependiendo fundamentalmente de intensidad de la pérdida de agua por deshidratación (Davies y Albrigo 1994, Agustí 2003).

Los cítricos se clasifican como frutos no climatéricos, en los que los cambios en la composición química son graduales y no van acompañados por aumentos de la respiración ni por una intensa producción de etileno (Agustí, 2003). Sin embargo, son frutos que sí responden a la aplicación de etileno exógena, siendo una herramienta clave en la estimulación de cambio de color en cultivares de cosecha temprana como las mandarinas Satsuma, Clementina de Nules o las naranjas Navelina (Porat, 2008).

2.2.2 Recolección del fruto

El proceso de recolección o cosecha de fruta cítrica es clave para la posterior comercialización, ya que incide directamente en la calidad final de los frutos. En Uruguay la cosecha se realiza a mano, con tijeras de punta roma que cortan el pedúnculo del fruto al ras del cáliz, el empleo de éstas evita el desgarramiento en la zona de inserción del pedúnculo con el fruto (Mazzuz 1996, Ragone 1996, Agustí 2003, Meier et al. 2008). La manipulación debe ser extremadamente cuidadosa, con el fin de evitar golpes y lesiones mecánicas que puedan derivar en desórdenes fisiológicos y pérdida de calidad. Algunos se manifiestan inmediatamente (heridas, roturas), pero otros son de efecto indirecto, ya que facilitan el ingreso de patógenos, la deshidratación del fruto y aparición de manchas (Agustí, 2003).

La recolección debe efectuarse cuando la madurez interna y la coloración sean las adecuadas. Los índices de madurez más relevantes son el color, el contenido de azúcares y ácidos y la relación entre ambos (ratio), y también el contenido de jugo. Todos ellos son variables relevantes consideradas para la decisión de cosecha; deben alcanzar el mínimo comercial exigido por los diferentes destinos para iniciarse la recolección, sin embargo, la importancia relativa depende de la variedad o cultivar cítrico considerada/o. Por lo tanto, las frutas cítricas como las naranjas dulces y mandarinas se consideran maduras cuando su coloración externa, contenido de jugo y relación sólidos solubles totales/acidez, y otros constituyentes internos han alcanzado un nivel mínimo (Cuquerella 1997, Agustí 2003, Lado et al. 2014). En el caso de naranjas del grupo Navel se requiere un rango de 8.5-9 en °Brix y una acidez de 0.6-1.4%, un ratio (ss/acidez) mínimo de 9.1, con un contenido de jugo igual o mayor a 40%-45%. En el caso de mandarinas Clementinas, se requiere un valor de al menos 9 °Brix, una acidez de 0.65-1.2%, un valor de ratio de al menos 8, con un porcentaje de jugo mínimo del 40 % (Lado et al., 2014).

Es importante tener en cuenta también el tamaño (calibre), la forma del fruto, presencia de manchas, plagas, etc. Debe evitarse su recolección cuando el fruto está mojado, húmedo por la presencia de rocío o niebla, ya que se puede desarrollar un proceso rápido de senescencia de la corteza, y es más sensible al manipuleo y la aparición de desórdenes fisiológicos como la oleocelosis (Lado et al., 2019), y aumentar la probabilidad de infecciones fúngicas (Agustí, 2003). La oleocelosis se produce durante el manejo postcosecha de la fruta por la ocurrencia de daño mecánico en la cáscara (manipuleo, transporte o caída de la fruta), el cual provoca la ruptura, liberación y posterior oxidación de aceites esenciales presentes en las glándulas del flavedo. Esto lleva a la aparición de manchas de color verdoso o amarronado (dependiendo de la especie y variedad cítrica) en la superficie del fruto y representa una pérdida de calidad y, por lo tanto, un menor valor de esos frutos en el mercado. La lesión se describe como una "aparición de guijarros", ya que las células de aceite que no están dañadas se destacan en relieve contra una piel oscura, hundida y coriácea (Roger Amat 1991, Bello et al. 2009, Lado et al. 2019).

La coloración es también clave y es posible, como se mencionó anteriormente, promover el color del fruto con el proceso de desverdizado, sin afectar la calidad interna, proceso especialmente relevante en variedades que alcanzan calidad comercial antes en la pulpa que en la cáscara (Agustí, 2003). En este sentido, la pigmentación de la piel en el momento de la recolección debe ser la adecuada (no demasiado verde) y homogénea para que todos los frutos alcancen un color similar en un período de tiempo inferior a 96 horas

(Cuquerella, 1997), de forma de evitar la aparición de manchas debidas a un exceso de etileno.

2.2.3 Desverdizado

La desverdización se define como la técnica post-recolección mediante la cual se acelera el proceso de cambio de color de la piel del fruto. Su finalidad es comercial ya que se pretende anticipar la cosecha de variedades tempranas cubriendo momentos de mayor demanda, obteniéndose así mejores precios (Cuquerella, 1997). Es de destacar que el color de los frutos cítricos es una de las características más apreciadas por el consumidor (Meier et al., 2008). La aplicación de desverdizado es especialmente importante para las variedades tempranas y también para las frutas cultivadas en climas tropicales cálidos donde el desarrollo del color natural es tardío y menos intenso (Porat, 2008).

El proceso se basa fundamentalmente en la acción del gas etileno (C_2H_4), un hidrocarburo no saturado, el cual naturalmente es una hormona vegetal con un rol clave en la maduración, senescencia y respuesta a estrés. La aplicación de esta hormona de forma exógena estimula diversas rutas metabólicas y reacciones enzimáticas que provocan cambios bioquímicos asociados a la maduración, entre ellos, el cambio de color (Palacios 2005, Porat 2008).

Este tratamiento postcosecha favorece el cambio de color, estimula la degradación de la clorofila y la síntesis de pigmentos carotenoides que otorgan el color característico del fruto maduro. Este proceso no afecta la madurez interna, ya que estos cambios generados en la piel son independientes de los que se producen en el interior, y favorecen la madurez comercial del fruto (Mazzuz 1996, Cuquerella 1997, Agustí 2003, Meier et al. 2008, Mayouni et al. 2011).

Para lograr un proceso de desverdizado adecuado y minimizar los posibles efectos negativos del tratamiento, se recomienda cosechar la fruta al inicio del desarrollo del color natural o incluso más tarde, ya que en puntos anteriores no siempre existe respuesta a la hormona. También es necesario controlar determinadas variables como:

La concentración de etileno: cuanto mayor es la concentración de la hormona, la respuesta es más rápida, pero también se aceleran posibles efectos perjudiciales asociados con la senescencia como estimulación de la abscisión del cáliz, ablandamiento y deshidratación de la cáscara, aparición de manchas en la piel, entre otros. Es por ello que muchas plantas de empaque desverdizan la fruta con concentraciones bajas de etileno (1 a 2 ppm).

La temperatura: la temperatura es un factor clave que influye en la eficacia del proceso de desverdizado, a temperaturas moderadas de 20-25 °C el proceso de desverdizado es algo más lento que a mayor temperatura, pero se logra un color más intenso y minimiza el deterioro de la fruta durante este período.

La humedad relativa del aire en la cámara: es necesario mantener una humedad muy alta en la cámara para evitar la deshidratación y minimizar el ablandamiento de los frutos y la pérdida de peso. En general se trabaja con valores de humedad de 90-95% en las cámaras de desverdización. Es importante también evitar la presencia de agua libre, de forma de minimizar el desarrollo de patógenos durante este proceso.

El tiempo de tratamiento: cuanto más extenso el tiempo, aumenta la intensidad del color, pero también los posibles efectos perjudiciales (Porat, 2008). La duración del proceso de desverdización debe ser limitada a un máximo de 4 días (96h) ya que si es excesiva se puede producir ennegrecimiento y caída de cálices, así como otras alteraciones fisiológicas asociadas a la senescencia (Salvador et al., 2007).

Presencia de otros gases: la concentración de dióxido de carbono en la cámara es clave, ya que este gas inhibe la acción del etileno. Es importante, ventilar las cámaras de desverdizado para que este gas no exceda las 1500-2000 ppm.

La circulación de aire es necesaria para asegurarse de que la concentración de etileno, la humedad y la temperatura sean uniformes en la cámara y para que el gas alcance todas las frutas almacenadas. Una circulación inadecuada del aire da como resultado un desverdizado desigual y deficiente (Roger Amat 1991, Meier et al. 2008, Porat 2008).

En Uruguay generalmente se utilizan niveles de etileno entre 1 y 2 ppm, y entre 48 y 96 horas de tiempo de tratamiento, lo que depende de la especie, variedad y el color inicial y final de la piel; el tratamiento se realiza con temperaturas entre 18 y 22 °C, las cuales permiten una correcta degradación de la clorofila y síntesis de carotenoides y se mantiene una humedad relativa alta (entre 90 y 95%) para minimizar la deshidratación de la piel del fruto. Es clave controlar que no se supere las 2500 ppm de CO₂ ya que además de inhibir el etileno puede provocar la respiración anaeróbica del fruto y la aparición de sabores y olores no deseados por ocurrencia de fermentación (Salvador et al., 2007).

Es importante que una vez finalizado el desverdizado, se realice un estacionamiento de la fruta durante 12 a 24 horas a temperatura y humedad ambiente controladas (preferentemente). Durante este proceso continúa el cambio de color y el mismo permite minimizar la aparición de manchas y desórdenes fisiológicos en la piel de variedades sensibles durante el proceso en línea de empaque (Agustí 2003, Palacios 2005, Meier et al. 2008).

Otro factor que influye en este proceso de desverdizado es la aplicación de recubrimientos, los cuales no deben ser aplicados en forma previa al etileno. Los recubrimientos retrasan el cambio de color y podrían incluso favorecer la aparición de malos sabores y olores en la fruta, ya que minimizan el intercambio gaseoso con el ambiente. Por lo tanto, la aplicación de ceras no debe realizarse antes del desverdizado, ya que puede favorecer la ocurrencia de respiración anaeróbica y fermentación en los frutos (Cuquerella 1997, Agustí 2003).

Los problemas más comunes que presenta la fruta sometida a desverdización son el ennegrecimiento de ciertas zonas del fruto en algunos casos o la caída del cáliz, la cual se puede prevenir o reducir con aplicaciones de auxinas (2,4-D o 3.5.6 TPA) en forma previa a la desverdización. Otro problema común es el del desarrollo de manchas verdes de distribución irregular en la piel, lo que se favorece si existe elevada humedad en el momento de la cosecha o incluso agua libre. Por último, el quemado de la piel, que puede llegar a ser el daño más común y generalmente se debe a las malas condiciones de temperatura, concentración de etileno, tiempo o humedad durante la aplicación de la hormona. Este daño se manifiesta como un ligero manchado a la salida de la cámara, sin embargo, luego del proceso de empaque, usualmente se extiende y el fruto se vuelve no comercial (Cuquerella 1997, Agustí 2003).

2.2.4 Procesamiento en línea de empaque

Inmediatamente después de la cosecha, y en forma previa al desverdizado, la fruta recibe un primer tratamiento químico con fungicidas en un baño llamado drencheado, que tiene como objetivo minimizar el desarrollo de pudriciones durante el desverdizado o su estancia en el empaque. A continuación, la fruta es procesada en una línea de empaque que se inicia (en Uruguay) con el volcado en una balsa con agua e hipoclorito de sodio (200 ppm), tras el cual se lava con detergente neutro y un fungicida (SOPP), a continuación, se lleva a cabo un enjuague con agua, aplicación de fungicidas (principalmente imazalil y pirimetanil) en agua o cera. La última parte de la línea de empaque consiste en la aplicación de ceras, en conjunto con las cuales es posible aplicar nuevamente fungicida. Durante este proceso tiene lugar la selección y clasificación comercial del fruto en base a la calidad del mismo. Esta

se efectúa según el diámetro y forma del fruto, color de cáscara, incidencia de defectos, plagas o enfermedades en la piel y/o presencia de podridos. Tras la selección comercial, el fruto es almacenado a baja temperatura o directamente envasado para su transporte a los mercados de destino (Agustí 2003, Lado et al. 2010).

2.2.5 Encerado

Durante el proceso de empaque los frutos circulan por diferentes superficies, cerdas de cepillos, esponjas, mesas de selección, durante lo cual pierden parte de la cubierta de cera natural que acumulan durante el crecimiento. Esto determina que el fruto sea más susceptible a la pérdida de peso por transpiración, en su interacción con el ambiente. Para reducir estas pérdidas, entre otros factores, la industria cítrica aplica diversos recubrimientos, los que además mejoran la apariencia y confieren un brillo a los frutos, otorgando una frescura muy valorada en los mercados (Ragone 1996, Agustí 2003, Gómez 2017).

Los principales objetivos del encerado se centran en: a) restituir la cera natural del fruto b) minimizar pérdida de peso por deshidratación c) mejorar la apariencia externa de los frutos, proporcionándoles un brillo más intenso y uniforme d) como vehículo de fungicidas u hormonas (auxinas o giberelinas), que permitirán reducir el crecimiento de patógenos, retardar la senescencia de la corteza y mantener la calidad del fruto a lo largo de su vida comercial o conservación (Gómez, 2018). Un factor importante para conseguir una buena adherencia de la película de cera es que el fruto llegue a la enceradora en perfectas condiciones de limpieza, seco, sin partículas de polvo o tierra (Ragone, 1996).

Otro factor clave que determina la eficiencia de deposición de la cera es la técnica de aplicación, en donde influye el tiempo de tratamiento, el tipo de boquilla, así como la presión de trabajo, determinando en conjunto el tipo de gota generada. También es importante ajustar el consumo, recomendándose 1 litro de cera/tonelada de fruta, de forma de lograr un grosor de película adecuado y no excesivo (Pássaro Carvalho et al., 2012). Otro punto clave son el tipo y la cantidad de cepillos presentes en la enceradora, se recomienda un número mínimo de 6 o incluso de 10 si se trabaja con cera concentrada, de forma que permitan un adecuado escurrimiento. Es deseable que no giren a más de 80 rpm y suelen ser de cerda de caballo y de cloruro de polivinilo, al 50:50, aunque hoy en día existen diferentes variantes (Agustí, 2003).

Durante el almacenamiento postcosecha, los frutos cítricos continúan con una respiración activa mediante la cual absorben O₂ y desprenden CO₂ y

humedad a través de la epidermis. Proteínas, ácidos y azúcares son utilizados como fuente de energía, desdoblándose en sustancias simples (CO_2 y agua, Pássaro Carvalho et al., 2012). Paralelamente ocurre una pérdida de agua a través de la epidermis debida a la demanda del ambiente, proceso conocido como transpiración, el cual puede ocasionar pérdidas de peso o síntomas de deshidratado. Ambos procesos dependen de dos factores ambientales claves, la temperatura y la humedad relativa (HR). Una mayor temperatura provoca un aumento en la respiración y por lo tanto, estimula el consumo de oxígeno y liberación de CO_2 . De forma similar, una baja HR promueve la transpiración, pudiendo llevar a la deshidratación de los frutos. En el campo, esta pérdida de agua puede ser repuesta por el árbol y como protección los frutos desarrollan en la epidermis un material céreo, en forma de pequeñas capas superpuestas, lo que se conoce como capa de ceras (Pássaro Carvalho et al., 2012). Estas ceras son mezclas complejas de lípidos, cuyos componentes principales son ésteres de ácidos grasos y alcoholes de cadena larga, aunque también se encuentran importantes proporciones de hidrocarburos, cetonas, alcoholes y aldehídos (Gómez, 2018).

La capa de cera depositada “artificialmente” sobre el fruto durante el trabajo en la línea de empaque influye en el intercambio gaseoso y produce un incremento en el contenido interno de CO_2 y etileno y una disminución del oxígeno en contacto directo con el fruto. Si la demanda de oxígeno supera lo disponible entre el fruto y el recubrimiento (algo muy común al aumentar la temperatura), esto podría llevar a que ocurra una respiración anaerobia, y se acumule acetaldehído y etanol en el jugo, los que producen sabores no deseados (Ragone 1996, Pássaro Carvalho et al. 2012). Por lo tanto, la elección del tipo de cera o recubrimiento a aplicar en postcosecha, además de considerar los factores rapidez de secado, brillo homogéneo, evitar pérdidas de peso y deshidratación, debe tener también en cuenta estos procesos fisiológicos y las condiciones de almacenamiento de los frutos.

2.2.5.1 Tipos de recubrimientos

La composición de las ceras aplicadas en postcosecha debe permitir un adecuado intercambio gaseoso con el ambiente, de forma de minimizar la transpiración, pero ser también permeable al ingreso de oxígeno y liberación del CO_2 generado en la respiración.

En citricultura, los recubrimientos que se utilizan son ceras, recubrimientos comestibles y envolturas plásticas, todos ellos compatibles con su aplicación en alimentos. El encerado se realiza con ceras al agua (emulsiones de ceras al agua), las cuales se clasifican en dos grandes grupos: soluciones de resinas y emulsiones acuosas (Agustí, 2003).

Las **soluciones de resinas** consisten en una mezcla de resinas solubles en álcalis y compuestos naturales (como proteínas de soja); como coadyuvantes se utilizan ácidos orgánicos, agentes tensoactivos y plastificantes. Las resinas que más se utilizan son la **colofonia**, resina natural obtenida de la destilación de la trementina, modificada con un alcohol de elevada basicidad para neutralizar los ácidos libres originados en la destilación (ácidos resínicos), y la **goma laca**, resina blanda obtenida del insecto *Tachardia lacca*, que parasita plantas del género *Ficus* y *Mimosa*, compuesta por varios ácidos (Agustí, 2003).

Las **emulsiones acuosas** están compuestas por ceras vegetales, animales, minerales o sintéticas. Entre ellas, las más utilizadas en citricultura son: carnauba originaria de una palmera de Brasil (*Copernicia cerífera*), compuesta por ácido cerótico y cerotato de miricilo y cera de polietileno oxidado de origen sintético y compuesta por polímeros de etileno. Otras posibles variantes son candelilla (ésteres, ácidos libres, alcoholes, lactonas, y resinas), cera de abeja (ácido cerótico, palmetato de miricilo, parafinas) y montana (ácido montánico, hidrocarburos, Agustí, 2003).

Las ceras formuladas para incrementar el brillo, como las basadas en resinas de goma laca, tienen permeabilidad relativamente baja a los gases O₂ y CO₂, siendo más oclusivas, lo que puede favorecer la presencia de sabores no deseados; las ceras de carnauba, candelilla y polietileno, son más permeables a estos gases (Pássaro Carvalho et al., 2012). Es en este punto que debe encontrarse un equilibrio entre el mayor brillo y frescura, menor deshidratación, y la aparición de sabores no deseados en los frutos durante el almacenamiento.

2.3 PRINCIPALES CAUSAS DE PÉRDIDA DE CALIDAD EN POSTCOSECHA

2.3.1 Desórdenes fisiológicos

Los frutos cítricos pueden sufrir diversos desórdenes fisiológicos durante el almacenamiento y transporte postcosecha. Algunos de ellos, solo afectan al flavedo, otros al albedo y otros a la cáscara en su conjunto, provocando pérdida de calidad cosmética, lo que genera problemas al momento de la comercialización (Zócalo 2016, Lado et al. 2019).

En los frutos cítricos se han descrito más de 70 alteraciones. La mayoría de las mismas ocurren en la piel, ya sea en el albedo o flavedo y se manifiestan como pequeñas lesiones o pitting, ennegrecimiento y depresión del tejido, mientras que la pulpa permanece intacta (Lado et al., 2019). La aparición de diversas manchas en la piel se asocia, por un lado, con cambios bruscos en las relaciones hídricas dentro de la planta o en el ambiente que rodea al fruto

(Agustí et al., 2004). En otros casos, el desorden se vincula a las condiciones de almacenamiento, principalmente la permanencia de los frutos a bajas temperaturas durante extensos períodos, lo que se conoce como daño por frío o chilling injury, en inglés (Lado et al., 2019). En Uruguay, dado que los frutos se exportan a mercados lejanos, los diferentes síntomas suelen desarrollarse durante el transporte refrigerado, lo que los convierte en muy problemáticos, dada la imposibilidad de detectar y eliminarlos durante el empaque (Zócalo, 2016).

2.3.1.1 Manchas por desverdizado

El proceso de desverdizado acelera la senescencia natural de los frutos y presenta el riesgo de generación de manchados en la cáscara (Roger Amat 1991, Bello et al. 2009). El daño suele presentarse al principio como pequeñas quemaduras en la superficie que evolucionan a manchas irregulares de color marrón que posteriormente se intensifican con el tiempo. El ennegrecimiento y caída del cáliz es también promovida por el etileno exógeno, lo que facilita la deshidratación y el ataque de patógenos (Bello et al., 2009).

2.3.1.2 Deshidratación

La pérdida de agua por transpiración conlleva consecuencias no deseadas entre las que se destacan la aparición de síntomas de deshidratado en la piel y la pérdida de peso del fruto ya empacado. La transpiración en exceso genera desecación, encogimiento, ablandamiento o endurecimiento, cambios en la calidad nutricional y la pérdida de apariencia y calidad comercial de la fruta (Grierson et al., 2006). Estas alteraciones se producen generalmente en frutos sometidos a una conservación prolongada. Los daños se presentan en forma de manchas irregulares deprimidas y puntuales que luego evolucionan, se oscurecen y pueden afectar a toda la superficie del fruto (Bello et al., 2009).

Los factores ambientales que más influyen en la deshidratación son la humedad relativa, la temperatura y la velocidad de circulación de aire que rodea el fruto, entre otros. Si la HR ambiente es menor al porcentaje de humedad o agua que contiene el fruto, este se deshidrata rápidamente, lo cual también depende de la temperatura. A medida que aumenta también se aceleran los procesos de respiración, crecimiento y maduración (Cano, 2000).

En el almacenamiento a baja temperatura se reduce el gradiente de presión de vapor de agua entre el fruto y la atmósfera de almacenamiento, con lo que disminuye la velocidad de pérdida de agua por transpiración. Por tanto, las frutas y vegetales deben almacenarse en un ambiente que idealmente contenga entre 90 y el 95% de HR, especialmente a bajas temperaturas y con

una velocidad de aire media para minimizar la pérdida de agua (Roger Amat, 1991). El encerado permite minimizar la deshidratación, y la aplicación de ceras en frutos cítricos es una herramienta clave para manejar este problema (Mazzuz 1996, Ragone 1996).

2.3.1.3 Envejecimiento peduncular (SERB- Stem end Rind Breakdown)

Los síntomas de esta alteración se producen generalmente alrededor del cáliz: la piel se marchita y encoge adquiriendo formas irregulares, las glándulas de aceite colapsan y los tejidos se vuelven marrones (Roger Amat, 1991). El trastorno se asoció con deficiencias nutricionales de fósforo, así como también a una deshidratación excesiva de dicha zona del fruto y posibles alteraciones en la cutícula de cera natural que lo protege (Lafuente y Zacarías 2006, Lado et al. 2019). El SERB se produce más extensamente en frutas pequeñas, de piel delgada, en condiciones postcosecha que favorecen una pérdida excesiva de humedad y en frutas envejecidas (Lafuente y Zacarías, 2006). Es una alteración que se observa principalmente en naranjas del grupo Navel y Valencia y los daños se circunscriben alrededor del cáliz (Lado et al., 2019). En su manejo es clave la celeridad entre la cosecha y el enfriamiento de los frutos, así como el control de la HR durante la postcosecha. En este mismo sentido, la rápida aplicación de una cera adecuada puede ayudar a prevenir la aparición de este problema durante el almacenamiento (Lado et al., 2019).

2.3.1.4 Daño por frío (chilling injury)

Los frutos cítricos son muy susceptibles a los daños producidos por las bajas temperaturas ya sea en el campo o durante el almacenamiento postcosecha. Incluso en algunos casos como los pomelos, se han descrito daños por frío a temperaturas entre 8 y 10 °C (Lado et al., 2019). El frío provoca cambios en la estructura de la membrana celular y su permeabilidad, lo que puede conllevar a la muerte de la célula. Esto genera la aparición de lesiones deprimidas en la piel que llegan a fusionarse y colapsar, desarrollando grandes zonas irregulares de color marrón. Esto es conocido como daño por frío (o chilling injury); el daño afecta únicamente a la piel y deteriora en forma muy importante la calidad comercial del fruto (Roger Amat 1991, Lafuente y Zacarías 2006, Lado et al. 2019). Los tejidos vegetales sensibles al frío sufren la alteración en la estructura de sus membranas celulares. El cambio de estado físico de las membranas puede conducir a cambios irreversibles, dependiendo de la temperatura, del tiempo de exposición y de la susceptibilidad de las diferentes especies. En un período corto de exposición estas alteraciones son reversibles, pero si el proceso continúa, la célula pierde su integridad y entonces los daños se manifiestan en forma visible (Bello et al. 2009, Sevillano et al. 2009).

La susceptibilidad al frío es diferente según las variedades, generalmente se acepta que los pomelos, limones y limas están entre los más susceptibles y las variedades de naranjas serían menos sensibles que las mandarinas. Sin embargo, existe un efecto importante de las condiciones de manejo agronómico y ambientales durante el crecimiento del fruto, las cuales pueden impactar directamente en la tolerancia de los cítricos al daño por frío (Roger Amat 1991, Lafuente y Zacarías 2006, Lado et al. 2019). Lado (2015) señala que se observó una mayor incidencia de daño por frío en las mandarinas Clementina cosechadas en estados más inmaduros, por lo que es necesario cosechar la fruta en el estado de madurez adecuada. También la aplicación de ceras (12-14 o 18% de sólidos) logró reducir en forma importante la pérdida de peso y mitigar la incidencia de daño por frío.

2.3.2 Podredumbres

Diversas podredumbres pueden aparecer en las cámaras frigoríficas o en los contenedores durante el transporte, a pesar del almacenamiento a bajas temperaturas. Las principales podredumbres de postcosecha en Uruguay son la podredumbre verde ocasionada por *Penicillium digitatum* Sacc (Pérez et al. 2011, Lado et al. 2013) y la podredumbre amarga ocasionada por *Geotrichum citri aurantii* (Pérez et al., 2015). La mejor forma de combatirlas es seleccionar previamente la fruta que ha de conservarse en cámaras, evitar las heridas durante la cosecha o la presencia de fruta sobremadura, mantener limpias las cámaras y zona de empaque y aplicar fungicidas adecuados, además de la cera de conservación (Roger Amat 1991, Pérez et al. 2015, Cocco et al. 2016). Como se mencionó anteriormente, los recubrimientos céreos crean una barrera que puede colaborar en la protección del fruto frente a nuevas infecciones, además, en estos recubrimientos se pueden aplicar diversos fungicidas que van a ejercer un control en el almacenamiento y comercialización posterior del mismo (Agustí 2003, Lado et al. 2013).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

3.1.1 Material vegetal

Los cultivares utilizados fueron mandarina Clementina de Nules (*Citrus reticulata*, Blanco), también nombrada como Clemenules y naranja del grupo de las Navel llamada Navelina (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck). Las dos son clasificadas como de maduración temprana, en referencia a que se inicia la cosecha en los primeros meses de la campaña (abril-mayo).

3.1.2 Manejo de la fruta

Las frutas de Clementina de Nules y Navelina provinieron de la empresa Citrícola Salteña S.A. y fueron cosechadas en su madurez comercial por la empresa. A continuación recibieron un tratamiento postcosecha en drencher con 1000 ppm de pirimetanil (PIR, Fruitgard PIR-400, 400 g/l p.a. Enzur S.A. Uruguay), 750 ppm de propiconazol (PZ, Fruitgard PZ-100, 100 g/l p.a. Enzur S.A. Uruguay), 35 ppm de 2,4-D (Citrus Fix, 80 g/l p.a. Lainco S.A. España), 50 ppm de coadyuvante (Fixfilm, 20% polietileno oxidado emulsionable y 16,5% fenoxi alcohol etoxilado, Enzur S.A. Uruguay) y 200 ppm de un antiespumante comercial.

Luego del tratamiento en drencher la fruta se desverdizó en la misma empresa, con 1-2 ppm de etileno a 19 ± 2 °C durante 72 horas más 24 horas de descanso a temperatura ambiente, siendo transportadas posteriormente a INIA, en donde se clasificaron según calibre, color y sin lesiones aparentes, y se realizó la aplicación de los recubrimientos.

3.1.2.1 Aplicación de los recubrimientos

Se aplicaron diferentes recubrimientos en la línea experimental de INIA_SG. Los frutos se volcaron directamente en el módulo de aplicación de cera. Las aplicaciones de cera se realizaron con un equipo de pulverización a presión manual con boquilla de cono hueco, recogándose los frutos a la salida del horno de secado que estaba funcionando a una temperatura de entre 40 y 55 °C. Los recubrimientos céreos fueron:

- Bri 18: Brillaqua UE Mercosur, 18% sólidos (12,20% cera de polietileno oxidada E914 y 2,85% goma laca E904), Enzur S.A. Uruguay.
- Bri UEJ: Brillaqua UE-J Mercosur, 18% sólidos (10% goma laca E904), Enzur S.A. Uruguay.

- Cit AUE: Citrosol AUE, 18% sólidos (cera de polietileno oxidada E914 y goma laca E904), Citrosol S.A. España.
- Cit Sunseal: Citrosol Sunseal UE, 18% sólidos (cera de polietileno oxidada E914 y goma laca E904), Citrosol S.A. España.
- Con AC-36 (1:2) y Con AC-36 (1:5): Concentrol Frutcoat AC-36 CE diluciones 1:2 y 1:5, 36,1% sólidos (cera de polietileno oxidada E914), Productos Concentrol S.A. España.
- Con FT-1365: Concentrol Frutcoat FT-1365 dilución 1:2, 37% sólidos (cera microcristalina E905), Productos Concentrol S.A. España.

Después de aplicar los recubrimientos y secar la fruta en el horno de la mini-línea experimental, se realizaron observaciones visuales sobre el secado, el brillo y la homogeneidad en la aplicación en los frutos.

3.1.2.2 Conservación frigorífica y vida mostrador

Los frutos de cada tratamiento se almacenaron durante 6 semanas en cámara de frío a $1 \pm 0,5$ °C y 85-90% de HR y luego se dejaron 7 días más a temperatura ambiente (con temperaturas promedio de entre 10 y 18 °C), simulando la vida comercial. Se utilizó este período de tiempo con el objetivo de simular las condiciones comerciales, tanto la duración y temperatura de envío refrigerado, como también el período de comercialización en los mercados de destino.

3.2 METODOLOGÍA DE LABORATORIO

La fruta fue sometida a una serie de análisis a fin de evaluar su calidad externa e interna. Dichas evaluaciones se realizaron en cosecha y luego de 3 y 6 semanas de almacenamiento refrigerado, y 7 días de vida comercial a temperatura ambiente.

3.2.1 Brillo

El brillo se evaluó mediante observaciones visuales en cada momento que fueron evaluados los tratamientos. Para poder observar más claramente y diferenciar el nivel de brillo, las observaciones se llevaron a cabo después de permanecer la fruta un tiempo determinado fuera de la cámara de frío, evitando la condensación que ocurre sobre el fruto.

3.2.2 Estado del cáliz

El cáliz se evaluó determinando presencia/ausencia, en el caso de estar presente se clasificó en:

- Cáliz verde: "completamente verde" (presencia con todos los sépalos verdes).
- Cáliz senescente: "puntas de sépalos marrones" (presencia con puntas de sépalos marrones).
- Cáliz negro: presencia de todos los sépalos con una tonalidad de color marrón bien oscuro a negro.

3.2.3 Frutos con deshidratado, manchas, podredumbres y daño por frío

La incidencia de estos parámetros se evaluó mediante observación visual expresando como resultado final el porcentaje de frutos con síntomas respecto al total de frutos evaluados dentro de cada repetición.

3.2.4 Pérdida de peso

Se pesaron todas las repeticiones de cada tratamiento en los momentos de evaluación. A partir de esos datos se determinó la pérdida de peso neto de cada repetición.

Se cuantificó la pérdida de peso bruto de cada repetición (plancha con cartón + frutas) y se descontó el peso del envase, calculándose la pérdida de peso como: $100 - (\text{peso inicial/peso final}) \times 100$. Los frutos, de cada repetición, fueron pesados en conjunto en una balanza de uso doméstico con precisión de 2 gramos.

3.2.5 Color externo

Se tomaron 10 frutos de cada tratamiento de los cuales se evaluó el ICC (índice de color). Se realizaron tres medidas en la zona ecuatorial de cada fruto con (colorímetro Konica Minolta CR-400, iluminante D65, Tokio, Japón) determinándose los valores de las coordenadas CIELAB, L^* , a^* y b^* .

Con los valores de los parámetros " L ", " a " y " b " proporcionados por el colorímetro se calculó ICC propuesto por Jiménez-Cuesta et al. (1981), y que responde a la siguiente relación: $IC = 1000 \times (a/L \times b)$, donde L mide luminosidad y evoluciona de negro (0) a blanco (100); la coordenada a , evoluciona de verde (-) a rojo (+) en el círculo cromático; y la coordenada b , de azul (-) a amarillo (+). Cuanto mayor es el valor de ICC, más naranja es la coloración.

3.2.6 Firmeza

Se determinó con un analizador de textura (Stable Micro Systems TA-XT plus, punta de prueba P/75), evaluándose la deformación que sufre el fruto

(en mm) tras la aplicación de una fuerza de 10 Newton (1 medida por fruto en un total de 10 frutos).

3.2.7 Sólidos solubles, acidez e índice de madurez (ratio)

Los frutos se procesaron para la obtención de jugo utilizando un exprimidor de uso doméstico, marca Skymesen, modelo ESB. A partir del mismo se determinó el contenido de sólidos solubles (expresado como °Brix), utilizando un refractómetro digital (Atago DBX-55, Atago Co. Ltd, Tokio, Japón) el cual se corrigió a una temperatura de 20 °C.

La acidez titulable se determinó con una muestra de 10 ml de jugo con 10 ml de agua destilada y fenolftaleína (como indicador), se usó como agente titulante una base fuerte como el hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 mol.L⁻¹ hasta que se observó un cambio de color para determinar la concentración de acidez titulable expresado en mg.L⁻¹. Se llegó a los valores mediante la fórmula: % Acidez = VNaOH x 0,064, corregida por f (factor de valoración de la soda) y se cuantifica como ácido cítrico debido a que es el principal ácido orgánico, el cual abarca un 70-90% del total de los ácidos que componen a la acidez total del jugo.

En base a la relación °Brix:acidez se calculó el índice de madurez o ratio.

3.2.8 Determinaciones de acetaldehído y etanol

Las determinaciones de acetaldehído y etanol se realizaron sobre el jugo cítrico extraído. De las muestras de jugo extraído de cada tratamiento se conservaron 3 repeticiones de 5 ml cada una para determinar contenido de acetaldehído y etanol, como principales indicadores de los sabores no deseados (off-flavors en inglés). Estas se congelaron a -20°C hasta el momento de las determinaciones.

En el laboratorio de la estación experimental INTA_Concordia se pasaron las muestras de jugo congelado (en tubos de plástico) a viales de vidrio (de 15 ml) debidamente sellados con tapa de goma y tapa metálica. Para pasar ese jugo congelado se rompió la cadena de frío (romper el punto de congelamiento) de los jugos en los tubos a un punto que no quede del todo líquido. Previo a la aplicación de la inyección en el cromatógrafo los viales se equilibraron a 80°C, en baño María durante 30 minutos.

Los componentes volátiles se determinaron en espacio de cabeza por cromatografía gaseosa. Para ello se utilizó un cromatógrafo de gases

SHIMADZU Modelo GC17A, con columna Supelco Omegawax 250 (30m x 0,25 mm diámetro interno, 0,25µm espesor de film). Se empleó el siguiente programa de temperatura durante el análisis cromatográfico: temperatura inicial de 40°C durante 3 minutos y 30 segundos, rampa de calentamiento hasta 180°C a una velocidad de 30°C/min. La presión de gas nitrógeno en la cabeza de la columna se fijó en 136 Kpa. El rango del detector FID se fijó en su máxima sensibilidad y la temperatura en 250°C. El volumen de inyección de gas fue de 1 ml. Se empleó el modo de inyección split con una relación de 1:5 y una temperatura de inyección de 250°C (Meier et al., 2004).

3.3 METODOLOGÍA ESTADÍSTICA

3.3.1 Diseño experimental

El diseño experimental se basó en un diseño completamente al azar con 5 repeticiones por tratamiento, dentro de cada fecha de evaluación. La unidad experimental fue de 15 frutos en Clementina de Nules y de 12 frutos en Navelina.

Para las evaluaciones de calidad destructivas, se utilizó una muestra de 10 frutos por cada tratamiento, analizando los datos como un diseño completamente al azar dentro de cada momento de evaluación.

3.3.2 Análisis estadístico

Los datos fueron transformados en los casos que fue necesario (raíz cuadrada, arcoseno raíz de la proporción-p) dado el estudio previo de normalidad de la variable. Se realizó un análisis de varianza con el programa Infostat (versión 2018). La comparación de medias se realizó mediante el test de Tukey ($p \leq 0,05$). Para la evaluación de las variables ICC, firmeza, sólidos solubles y acidez titulable se tomó una muestra aleatoria de 10 frutos por fecha de evaluación. Se realizó un análisis de varianza de cada variable y la comparación de medias se realizó mediante el test de Tukey ($p \leq 0,05$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EVALUACIÓN DEL COLOR EXTERNO DE LOS FRUTOS

La fruta destinada a los diferentes tratamientos en Clementina de Nules presentó un color similar en el momento de la cosecha (ICC promedio $2,6 \pm EE$). Sin embargo, tras la aplicación de los recubrimientos, se observaron diferencias en el índice de color entre algunos tratamientos, con un mayor valor en Cit AUE y Con AC-36 (1:2) en comparación con Con FT-1365 (Cuadro 1). Luego de 6 semanas en frío no existieron diferencias importantes entre tratamientos, mientras que, tras 7 días en vida mostrador, Con FT-1365 mostró un leve oscurecimiento de la piel asociado con una elevada deshidratación, con un ICC de 5,1, mayor al resto de los tratamientos ($p < 0,05$). Destacó la coloración naranja más intensa en Cit AUE y Con AC-36 (1:5) en comparación con el control Bri 18 (Cuadro 1).

En el momento de la cosecha de Navelina no existieron diferencias entre tratamientos y el ICC permaneció sin modificaciones tras 6 semanas de almacenamiento. No se detectaron tampoco diferencias entre tratamientos durante el almacenamiento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Índice de color de cáscara (ICC) en mandarinas Clementina de Nules y en naranjas Navelina según tratamiento y momento de evaluación

Tratamiento	Cosecha		3 Semanas		6 Semanas		6 Semanas + 7d (VM)	
	Clementina	Navelina	Clementina	Navelina	Clementina	Navelina	Clementina	Navelina
Bri 18	3,3 ab*	2,3 a	2,6 ab	2,3 b	2,6 b	2,3 a	3,4 c	2,7 a
Bri UEJ	3,7 ab	2,9 a	3,3 ab	2,8 ab	3,5 ab	2,7 a	3,6 bc	2,8 a
Cit AUE	4,3 a	3,1 a	4,0 a	3,3 ab	3,6 a	3,2 a	4,3 b	2,7 a
Cit Sunseal	3,8 ab	2,7 a	2,8 ab	3,1 ab	3,2 ab	2,2 a	3,7 bc	3,2 a
Con AC-36 (1:2)	4,2 a	3,0 a	3,7 ab	2,9 ab	3,4 ab	2,8 a	3,9 bc	2,9 a
Con AC-36 (1:5)	3,4 ab	3,1 a	2,8 ab	2,8 ab	2,8 ab	2,7 a	4,2 b	2,7 a
Con FT-1365	2,7 b	3,3 a	2,4 b	3,7 a	3,0 ab	3,0 a	5,1 a	3,1 a

*Medias seguidas de igual letra entre tratamientos dentro de cada momento de evaluación y cultivar, no difieren significativamente (Tukey $p \leq 0,05$). Referencias: (Bri 18) Cera Brillaqua UE Mercosur; (Bri UEJ) Cera Brillaqua UE-J Mercosur; (Cit AUE) Cera Citrosol AUE; (Cit Sunseal) Cera Citrosol Sunseal UE; (Con AC-36 (1:2)) Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:2; (Con AC-36 (1:5)) Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:5; (Con FT-1365) Cera Concentrol Frutcoat FT-1365 dilución 1:2.

En este trabajo solo se observaron cambios relevantes en el ICC en Clementinas de Nules con el recubrimiento Con FT-1365, ya que por un efecto de deshidratación severa los frutos tomaron una coloración marrón (Cuadro 1).

A diferencia de lo obtenido en este trabajo, Brown et al. (1998), observaron cambios en el color de frutos recubiertos con ceras de polietileno oxidado, pero no con recubrimientos de goma laca, en almacenamientos a 2-3 °C y 9-10 °C. Los tratamientos que contienen polietileno oxidado son Bri 18 (12,20%), Cit AUE, Cit Sunseal, Con AC-36 (1:2) y Con AC-36 (1:5).

4.2 BRILLO

Con respecto a las evaluaciones del brillo, los tratamientos Con AC-36 (1:2), Cit Sunseal y Cit AUE presentaron un nivel de secado aceptable con un buen brillo en el momento de aplicación de la cera, el cual se mantuvo durante el almacenamiento, tanto en Clementina como en Navelina. Por otro lado, Bri 18, Con AC-36 (1:5) y Con FT-1365 mostraron poco brillo y Bri UEJ y Con FT-1365 un secado deficiente en ambos cultivares.

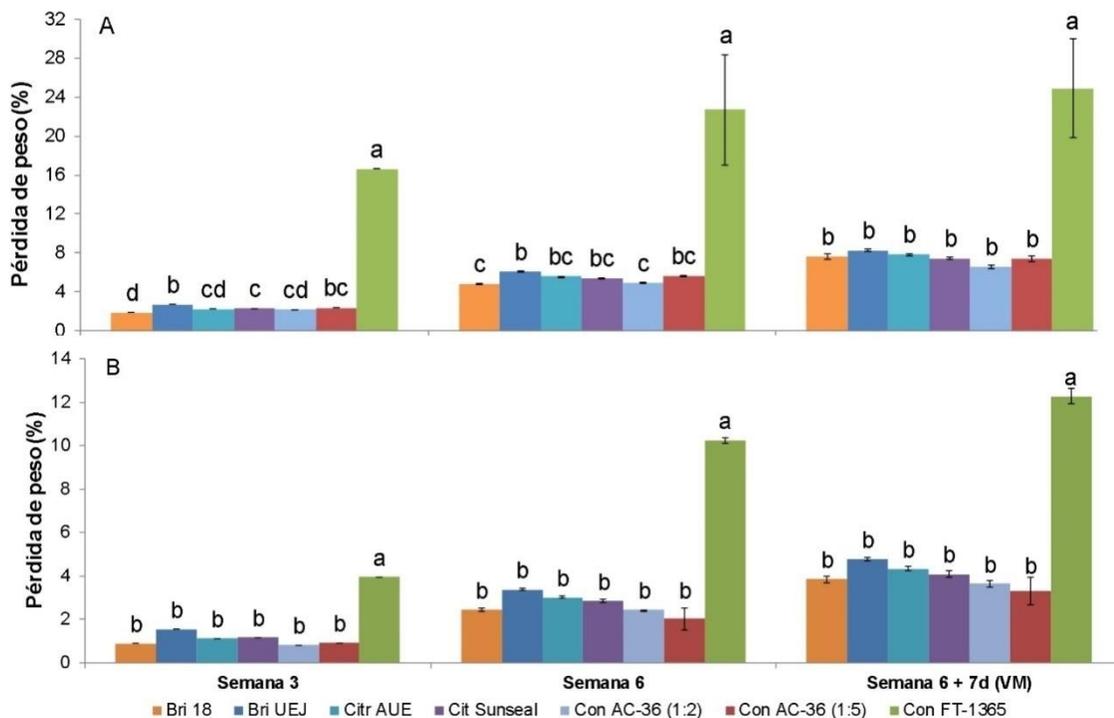
También se observó en general un mayor brillo de todas las ceras en Clementina, en comparación con Navelina. En este aspecto, las ceras Cit Sunseal y Cit AUE fueron las que mostraron menos variación entre cultivares. Estos recubrimientos, a base de cera de polietileno oxidada y goma laca, presentaron un nivel de brillo y secado aceptables y una buena apariencia general en todos los momentos de evaluación. También en este aspecto fueron las que mostraron menor variación entre las dos especies cítricas evaluadas. La goma laca produce más brillo que la cera de polietileno oxidado (Brown et al. 1998, Dou 2004), sin embargo, las diferencias entre recubrimientos que tienen los mismos ingredientes pueden deberse a la concentración de cada compuesto en particular y a otros componentes químicos como coadyuvantes, surfactantes y emulsionantes que influyen significativamente en el brillo logrado (Hall 1981, Dou 2004).

El recubrimiento Con AC-36 (1:2) (dilución 1:2, 18% de sólidos) que no presenta goma laca en su composición, también presentó un aceptable nivel de brillo. La dilución de este recubrimiento a 1:5 (7% de sólidos), influyó en el resultado final, impactando negativamente en el nivel de brillo y en el estado general de los frutos. En este sentido, el lograr una capa muy fina de cera, o con un porcentaje de sólidos muy bajo, puede no ser efectiva para los objetivos buscados (Hassan et al., 2014). Algunos autores manifestaron disminuciones en el brillo de los frutos con recubrimientos a base de cera de polietileno oxidado y cera de candelilla (E-902) (Hagenmaier, 2000), o a base de cera de polietileno oxidado y goma laca (Marcilla et al., 2009) a medida que avanza el período de almacenamiento; sin embargo en este trabajo no se observó una reducción del brillo (visual) a lo largo del almacenamiento en ninguno de los tratamientos.

4.3 PÉRDIDA DE PESO Y DESHIDRATADO

La pérdida de peso en Clementina de Nules, luego de 6 semanas de almacenamiento y 7 días de vida mostrador, fue en promedio de 7,5%, sin observarse grandes diferencias entre tratamientos, con la excepción de Con FT-1365, el cual ascendió a 24,9%. En promedio, el resto de los tratamientos registró una pérdida del 2,3% y del 5,4% tras 3 y 6 semanas de almacenamiento, respectivamente. El tratamiento Con FT-1365 registró un 16,6% y 22,7% de pérdida de peso en ambas fechas, respectivamente (Figura 1A).

En Navelina la pérdida de peso fue menor que en Clementina y no existieron diferencias entre tratamientos, con la excepción de Con FT-1365, el cual registró valores elevados (12,3%) tras 6 semanas + 7 días de vida mostrador. En promedio, la misma fue de 2,8% y 4,0% luego de 6 semanas y 6 semanas y 7 días de vida mostrador, respectivamente (Figura 1B).

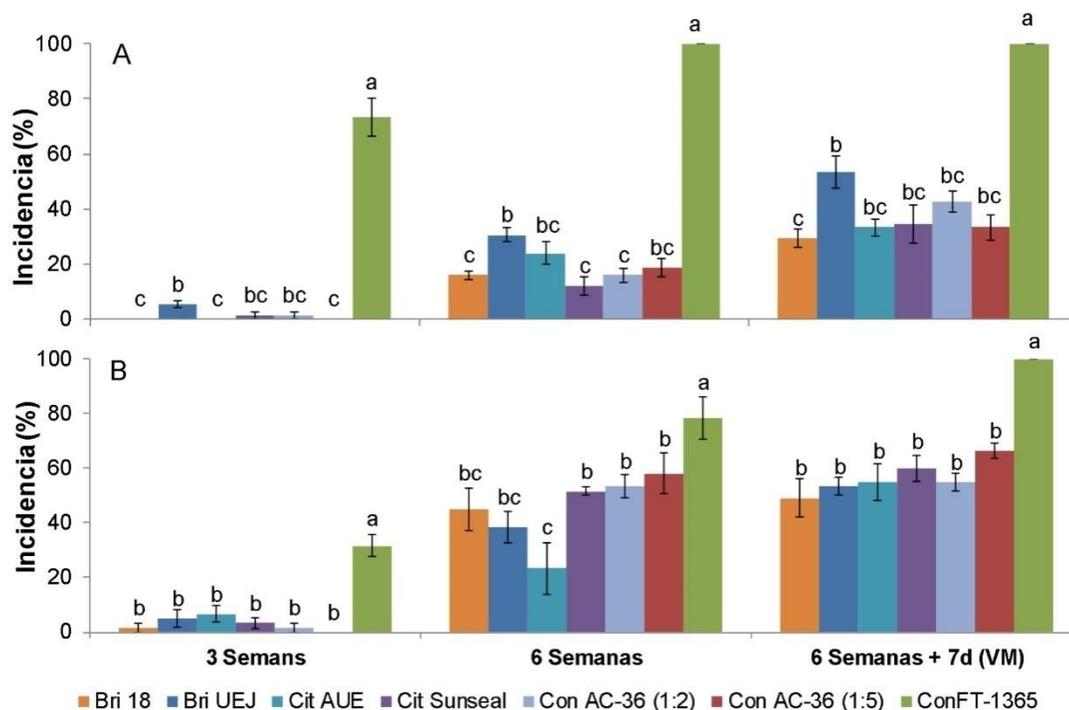


Medias (\pm error estándar) seguidas de igual letra entre tratamientos dentro de cada momento de evaluación no difieren significativamente (Tukey $p \leq 0,05$). Referencias: (Bri 18) Cera Brillaqua UE Mercosur; (Bri UEJ) Cera Brillaqua UE-J Mercosur; (Citr AUE) Cera Citrosol AUE; (Cit Sunseal) Cera Citrosol Sunseal UE; (Con AC-36 (1:2)) Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:2; (Con AC-36 (1:5)) Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:5; (Con FT-1365) Cera Concentrol Frutcoat FT-1365 dilución 1:2.

Figura 1. Pérdida de peso de los frutos en mandarinas Clementina de Nules (A) y en naranjas Navelina (B) según tratamiento y momento de evaluación

En Clementina de Nules, los síntomas de deshidratación fueron importantes, principalmente luego de 6 semanas y 7 días de vida mostrador. En este momento, el tratamiento Bri 18 presentó menor deshidratación (29,3%) en comparación con Bri UEJ (53,3%) y Con FT-1365 (100%), sin diferenciarse del resto de los recubrimientos evaluados, que registraron en promedio una incidencia de síntomas de deshidratación en el 36% de los frutos en este momento de evaluación (Figura 2A). Tras 6 semanas, y sin considerar la incidencia registrada por el tratamiento Con FT-1365 (100%), el promedio de deshidratación en los tratamientos fue del 20%.

En Navelina no se observaron diferencias entre los tratamientos, con excepción de Con FT-1365, el cual registró una muy alta incidencia de deshidratado, afectando casi al 100% de los frutos (Figura 2B). En promedio, la incidencia de síntomas de deshidratado de los tratamientos ascendió a 3,1%, 45%, 56,5% tras 3, 6 semanas y 6 semanas + 7 días de vida mostrador, respectivamente.



Medias (\pm error estándar) seguidas de igual letra entre tratamientos dentro de cada momento de evaluación no difieren significativamente (Tukey $p \leq 0,05$). Referencias: (Bri 18) Cera Brillaqua UE Mercosur; (Bri UEJ) Cera Brillaqua UE-J Mercosur; (Cit AUE) Cera Citrosol AUE; (Cit

Sunseal) Cera Citrosol Sunseal UE; (Con AC-36 (1:2)) Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:2; (Con AC-36 (1:5)) Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:5; (Con FT-1365) Cera Concentrol Frutcoat FT-1365 dilución 1:2.

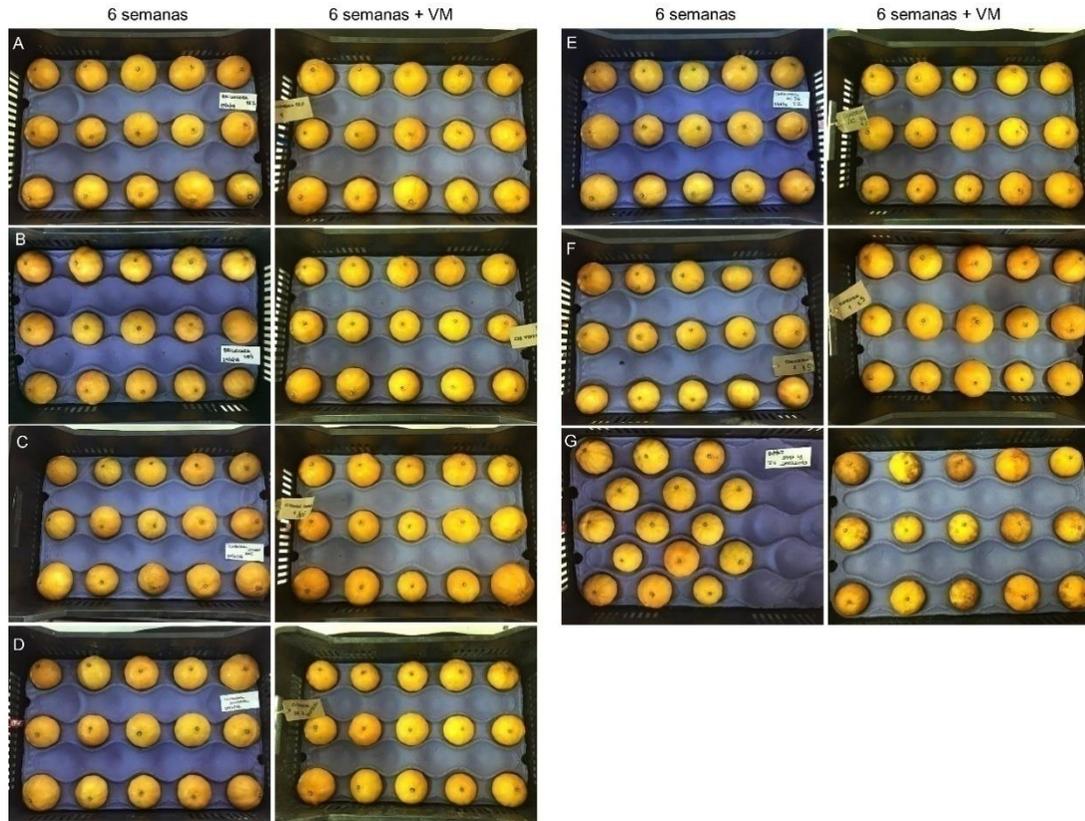
Figura 2. Incidencia de deshidratación (% de frutos deshidratados) en mandarinas Clementina de Nules (A) y en naranjas Navelina (B) según tratamiento y momento de evaluación

La pérdida de peso de los frutos no varió mucho entre tratamientos con excepción del tratamiento Con FT-1365. La misma fue mayor en Clementina de Nules (valor expresado en porcentaje respecto al peso inicial) (Figura 1). Esto puede deberse a diferencias anatómicas en el fruto, relacionadas con el espesor de la cáscara o el tamaño, siendo los frutos más pequeños más susceptibles a la deshidratación dada su mayor interacción con la atmósfera exterior. A su vez, el espesor de la cáscara, que en este caso fue mayor en Navelina (dato no mostrado), es un factor que puede influir en la pérdida de peso (Hassan et al., 2014). Estos mismos autores también describen que la pérdida de peso de los frutos se debe al proceso respiratorio, la pérdida de humedad y algunos procesos de oxidación. En este sentido, más allá del recubrimiento utilizado, la temperatura de conservación es determinante, generándose pérdidas más importantes al aumentar la temperatura durante el período de vida mostrador (Figura 1).

Con respecto al deshidratado, sin considerar el tratamiento Con FT-1365, el cual registró una incidencia muy elevada en ambas especies, se pudo apreciar en Clementina de Nules una mayor incidencia de deshidratado con el tratamiento Bri UEJ, principalmente en comparación con el control-Bri 18 (Figura 2A). Este tratamiento es el único (sin considerar Con FT-1365) que no contiene polietileno oxidado, lo cual coincide con lo que expresan Salvador et al. (2007), los cuales indican que la utilización de ceras con polietileno puede ser beneficiosa ya que limita las pérdidas por transpiración y controlan los daños por frío en frutos no demasiado sensibles. Según Vázquez (1996), la utilización de ceras en base a polietileno logró reducir la deshidratación, ablandamiento y alteraciones fisiológicas en la postcosecha de naranjas. Estas mismas ceras permitieron la conservación de la mandarina Fortune a 9 °C hasta seis semanas, sin observarse grandes pérdidas de calidad.

4.4 APARIENCIA EXTERNA

Los frutos presentaron una buena apariencia externa en general durante el almacenamiento refrigerado, con excepción del tratamiento Con FT-1365. La misma se deterioró levemente luego del período de simulación de vida mostrador (Figuras 3 y 4).



(A) Bri 18, (B) Bri UEJ, (C) Cit AUE, (D) Cit Sunseal, (E) Con AC-36 (1:2), (F) Con AC-36 (1:5), (G) Con FT-1365.

Figura 3. Apariencia externa de los frutos de mandarinas Clementina de Nules según tratamiento tras 6 semanas en frío y 6 semanas en frío + 7 días de VM



(A) Bri 18, (B) Bri UEJ, (C) Cit AUE, (D) Cit Sunseal, (E) Con AC-36 (1:2), (F) Con AC-36 (1:5), (G) Con FT-1365.

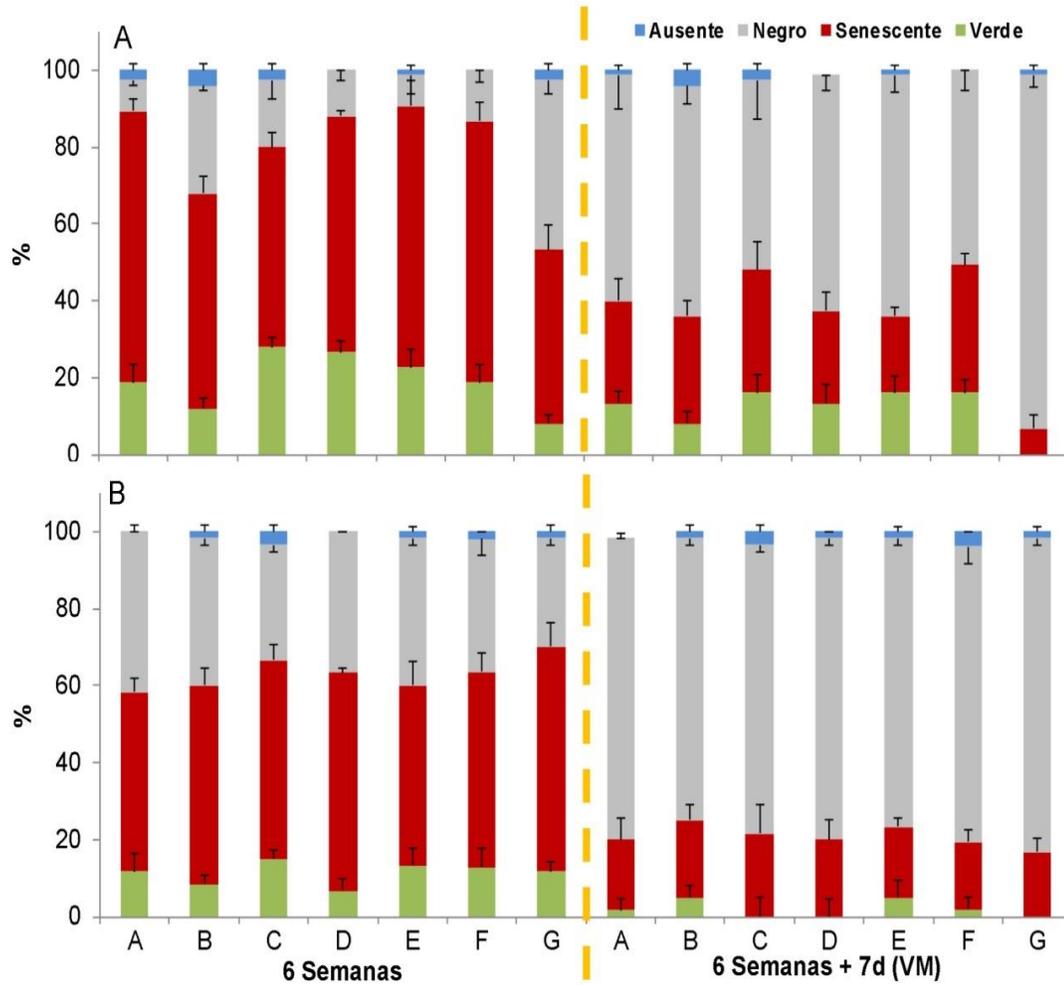
Figura 4. Apariencia externa de los frutos en naranjas Navelina según tratamiento tras 6 semanas en frío y 6 semanas en frío + 7 días de VM

4.4.1 Estado del cáliz

El promedio de frutos con cálices verdes representó un 20% y un 11% en Clementina y Navelina, respectivamente; mientras que se detectó un 61% y un 51% de cálices senescentes, respectivamente, luego de 6 semanas de almacenamiento. Tras 7 días en vida mostrador disminuyó la proporción de cálices verdes al 12% y 2%, mientras que aumentó considerablemente el número de frutos con cálices negros con un 62% y 77% en Clementina y Navelina, respectivamente (Figura 5).

En el tratamiento Con FT-1365 (G) la senescencia del cáliz y presencia de cáliz negro fue la mayor para ambos cultivares, sin observarse cálices verdes luego del período de simulación de vida mostrador y con un valor del 92% y 82% de cálices negros en Clementina y Navelina, respectivamente

(Figura 5). En general, el ennegrecimiento del cáliz fue más intenso en Navelina que en Clementina, para todos los tratamientos evaluados (Figura 5).



Referencias: (A) Bri 18 (Cera Brillaqua UE Mercosur); (B) Bri UEJ (Cera Brillaqua UE-J Mercosur); (C) Cit AUE (Cera Citrosol AUE); (D) Cit Sunseal (Cera Citrosol Sunseal UE); (E) Con AC-36 (1:2) (Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:2); (F) Con AC-36 (1:5) (Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:5); (G) Con FT-1365 (Cera Concentrol Frutcoat FT-1365 dilución 1:2).

Figura 5. Evaluación visual del estado del cáliz de los frutos en mandarinas Clementina de Nules (A) y en naranjas Navelina (B) según tratamiento luego de 6 semanas en frío, y 6 semanas + 7 días de vida mostrador (VM)

Respecto al estado general del cáliz se observó un aumento de la senescencia durante el tiempo de almacenamiento y se agravó notablemente luego de la vida comercial (Figura 5). Principalmente en Clementina, se observó

una mayor proporción de cálices negros y senescentes para los tratamientos Con FT-1365 y Bri UEJ, mientras que una menor proporción se observó en las dos ceras Citrosol (C y D) luego de 6 semanas. En el caso de Navelina, no se observaron diferencias claras entre tratamientos, pero sí existió un ennegrecimiento intenso de los cálices, no existiendo cálices verdes en los tratamientos C, D y G, lo cual no ocurrió en Clementina (Figura 5). Previo a la realización de los tratamientos, los frutos fueron desverdizados comercialmente. Esta aplicación de etileno genera un cambio de color y acelera la senescencia, produciendo un envejecimiento prematuro del fruto, un aumento de la transpiración con pérdida de peso, la desecación de los cálices e incluso el aumento de frutos podridos (Roger Amat 1991, Agustí 2003, Meier et al. 2008). Parecería que el efecto del etileno sobre el cáliz fue mayor en Navelina que en Clementina, independientemente del recubrimiento. Sin embargo, el número de cálices ausentes luego de la vida comercial fue mínimo, sin casi diferencias entre tratamientos.

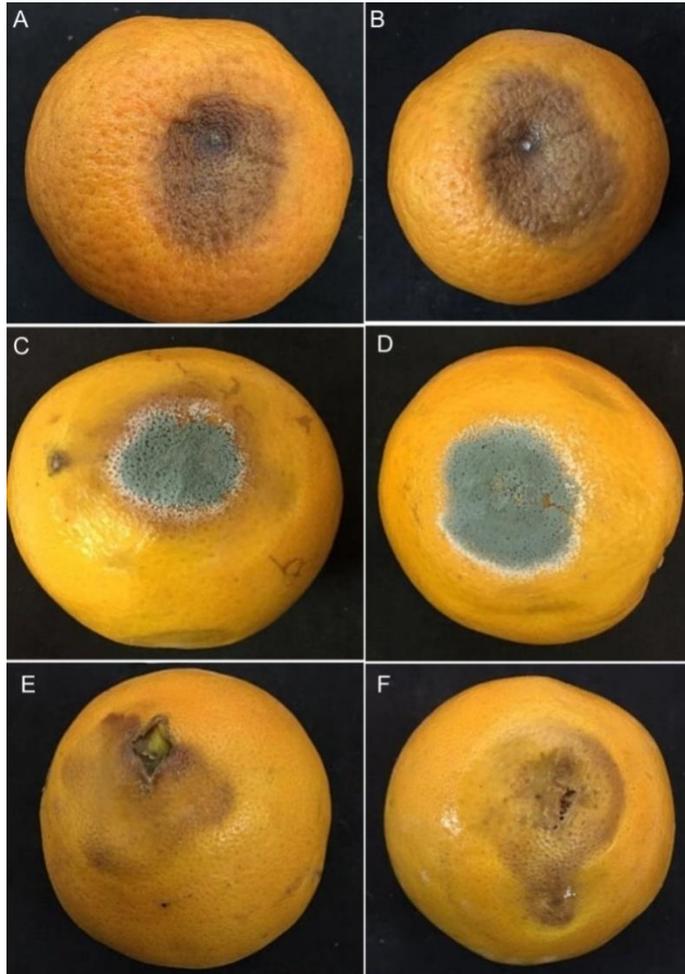
4.4.2 Incidencia de defectos, manchados en la piel y podridos

No se observaron síntomas de daño por frío en ninguna de las dos especies cítricas evaluadas al finalizar el período de almacenamiento a 1°C. Por otro lado, la incidencia de frutos podridos y de diferentes tipos de manchas en la piel, fue casi nula en ambas especies. Los tipos de manchas detectadas se presentan en la Figura 6, la mayoría asociadas al tratamiento Con FT-1365. Las pudriciones detectadas se presentan en la Figura 7.



Con daño leve alrededor del cáliz (A1), acostillado (B1), deshidratado severo con coloración marrón (C1 y D1), daño leve alrededor del cáliz (A2), y daño severo que comenzó por el cáliz, con coloración marrón (B2, C2, D2).

Figura 6. Tipos de manchas asociadas mayoritariamente con el deshidratado en Clementina de Nules (1) y en Navelina (2)



(A y B) podredumbre observada en Clementina de Nules para el recubrimiento Con AC-36 (1.5) a las 6 semanas (A) y a las 6 semanas + 7 días de vida mostrador (B). (C y D) Podrido en Navelina con recubrimiento de Cit Sunseal a las 6 semanas + 7 días de vida mostrador. (E) Podrido en Navelina con recubrimiento de Con FT-1365 a las 6 semanas. (F) Podrido en Navelina con recubrimiento de Cit AUE a las 6 semanas.

Figura 7. Podredumbres observadas en los momentos de evaluación

La aplicación de recubrimientos céreos puede proveer a los frutos cítricos de una protección frente a diversos manchados en postcosecha, entre los cuales destaca el daño por frío (Roger Amat 1991, Dou 2004, Lado et al.

2016). En este trabajo no se observaron síntomas de daños por frío, independientemente del tratamiento evaluado a pesar de que estas especies pueden ser susceptibles a este desorden en estas condiciones de almacenamiento (Roger Amat 1991, Lado et al. 2016), por lo que se comprobó un efecto positivo de todos los recubrimientos en relación con este desorden (Figuras 3 y 4). Cabe destacar que, para los objetivos del ensayo, no se contó con un control sin encerar, ya que el objetivo era la comparación con un control comercial (Bri 18) y no la evaluación del efecto positivo del encerado, el cual es ampliamente conocido en la literatura (Gómez, 2018) y valorado por las empresas exportadoras de cítricos frescos. Es por ello que no existe un control sin cera para comparar posibles efectos (presencia/ausencia de recubrimiento) en el desarrollo de desórdenes fisiológicos.

Con respecto a la incidencia de frutos podridos que fue casi nula, no fue posible determinar una relación entre el tipo de recubrimiento y la incidencia de patógenos. Sin embargo, en la literatura se sugiere que el encerado además de otras funciones, favorece la protección contra el ataque de *Penicillium digitatum* y *P. italicum*, a través de constituirse como un vehículo clave para la aplicación de fungicidas como imazalil o tiabendazol, entre otros (Gómez 2017, 2018) durante el proceso de empaque de fruta cítrica fresca.

De acuerdo con Cáceres et al. (2003), quienes determinaron la efectividad de diferentes tipos de ceras o componentes como carnauba, candelilla y de abeja, en combinación con la resina de goma laca en frutos de mandarina Clementines, no se produjeron alteraciones fisiológicas ni podredumbres con ninguno de los tratamientos, lo que puede atribuirse también a la calidad de las frutas en cosecha y al control del tratamiento con fungicida aplicado en este medio.

4.5 FIRMEZA

Clementina presentó en promedio una deformación de 3,03 mm tras la compresión en el momento de la cosecha, mientras que la misma fue de 3,13 mm, 3,34 mm y 3,30 mm en los tres momentos de evaluación, respectivamente. Para el caso de Navelina, el valor promedio en cosecha fue de 1,75 mm, evolucionando a 2,14 mm, 2,59 mm y 2,60 mm, respectivamente en los tres momentos de evaluación (Cuadro 2). En general y para mandarina, se utilizó en el laboratorio la siguiente escala de interpretación de la deformación: duras def<1,8 mm; Ideal 1,8-3,5 mm; blanda def>3,5 mm.

No existieron diferencias en la firmeza entre los frutos con diferentes recubrimientos en cosecha y tampoco al finalizar el período de conservación, con excepción del tratamiento Con FT-1365 en Navelina (Cuadro 2). La

reducción de la firmeza en Clementina fue de un 8% en promedio, mientras que en el caso de Navelina ascendió a un 45% (excluyendo al tratamiento Con FT-1365 el cual tuvo 15 y 74% de reducción de la firmeza entre cosecha y vida mostrador).

Cuadro 2. Evaluación de la firmeza de fruto (deformación expresada en mm), según momento de evaluación en mandarinas Clementina de Nules y en naranjas Navelina

Tratamiento	Cosecha		3 Semanas		6 Semanas		6 Semanas + 7d (VM)	
	Clementina	Navelina	Clementina	Navelina	Clementina	Navelina	Clementina	Navelina
Bri 18	2,99 a*	1,96 a	2,80 a	2,17 ab	3,40 a	2,48 a	3,22 a	2,56 b
Bri UEJ	2,93 a	1,72 a	2,99 a	2,36 ab	3,81 a	2,78 a	3,53 a	2,52 b
Cit AUE	2,98 a	1,70 a	3,13 a	2,19 ab	3,49 a	2,69 a	2,94 a	2,38 b
Cit Sunseal	2,83 a	1,57 a	2,87 a	1,92 ab	3,61 a	2,35 a	3,07 a	2,57 b
Con AC-36 (1:2)	3,21 a	1,81 a	3,47 a	1,87 b	3,28 a	2,54 a	3,25 a	2,57 b
Con AC-36 (1:5)	2,98 a	1,70 a	3,11 a	1,83 b	3,61 a	2,33 a	3,31 a	2,47 b
Con FT-1365	3,27 a	1,79 a	3,51 a	2,63 ab	2,19 b	2,99 a	3,76 a	3,12 a

*Medias seguidas de igual letra entre tratamientos dentro de cada momento de evaluación no difieren significativamente (Tukey $p \leq 0,05$). Referencias: (Bri 18) Cera Brillaqua UE Mercosur; (Bri UEJ) Cera Brillaqua UE-J Mercosur; (Cit AUE) Cera Citrosol AUE; (Cit Sunseal) Cera Citrosol Sunseal UE; (Con AC-36 (1:2)) Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:2; (Con AC-36 (1:5)) Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:5; (Con FT-1365) Cera Concentrol Frutcoat FT-1365 dilución 1:2.

Se pudo observar en Navelina una pérdida de firmeza mayor que en Clementina lo cual podría estar asociado a procesos de deshidratación y a cambios en la pared celular y la lámina media que llevan a un ablandamiento natural de la fruta (Alzamora et al. 2004, Blandón Navarro 2012). En el caso de Clementina de Nules, se observó también un ablandamiento y pérdida de firmeza en los frutos, aunque también en algunos casos en los que se observó alta deshidratación, los frutos mostraron una mayor firmeza, lo cual no fue sinónimo de mayor frescura y calidad, sino de una deshidratación masiva y momificación del fruto. Este proceso genera un “marcado” de segmentos del fruto (“acostillado”), con un posterior ennegrecimiento que ocurre con especial intensidad al aumentar la temperatura. Es por ello por lo que no se debe tomar únicamente el valor de la firmeza como sinónimo de fresco, siendo clave evaluar la fruta en su conjunto y considerar otras variables aquí presentadas. En general la fruta aumentó su deformación y perdió por lo tanto firmeza con el tiempo de almacenamiento; aunque se mantuvo en valores de firmeza ideal para mandarinas. Al aumentar la temperatura, este proceso se acelera,

existiendo un cambio más marcado en esta variable tras el período de vida mostrador.

Las pectinas son carbohidratos de alto peso molecular, compuestas por ácido galacturónico, el cual forma cadenas muy extensas, siendo uno de los principales constituyentes de la pared celular de los vegetales y también de los frutos cítricos. Sirven como un cemento intercelular en las paredes celulares de todos los tejidos, conformando la lámina media entre células de las plantas, lo que otorga firmeza a muchas frutas y hortalizas, incluyendo los cítricos (Davies y Albrigo 1994, Álvarez 2012, Márquez 2017). Según Márquez (2017), la parte blanca de las cáscaras de limón o naranja, contienen aproximadamente 30% de pectina. El total de sustancias pécticas disminuye en piel y pulpa durante la maduración, y aumenta el porcentaje de pectinas hidrosolubles en las pectinas totales. Este cambio en la composición de la pectina indica el ablandamiento o sobremaduración de la fruta, asociado con la degradación de las pectinas y de las hemicelulosas de las paredes celulares (Davies y Albrigo 1994, Álvarez 2012). Álvarez (2012) indica que algunos estudios realizados en cítricos muestran una relación entre la firmeza del fruto y la pérdida de peso, siendo la deshidratación un factor importante en la pérdida de turgencia del fruto y, por tanto, también en la pérdida de firmeza.

4.6 CALIDAD INTERNA

4.6.1 Sólidos solubles, acidez y ratio

En Clementina de Nules, el análisis de calidad interna en cosecha mostró un nivel promedio de 11,3 °Brix, 1,0 g/100 ml de acidez, y de 11,3 de ratio (datos no mostrados). Durante el almacenamiento el cambio fue mínimo y únicamente relevante en el tratamiento Bri 18, en donde hubo una reducción a 10,5 °Brix a partir de las 3 semanas de almacenamiento (Cuadro 3). La acidez descendió a valores cercanos a 0,80 y 0,76 g/100 ml en promedio para todos los tratamientos luego de 3 y 6 semanas de almacenamiento, respectivamente, sin variar luego de la simulación de vida mostrador (Cuadro 3). En los frutos tratados con Con FT-1365 los sólidos solubles y la acidez titulable fueron mayores que para el resto de los tratamientos, especialmente tras 6 semanas en frío (12,2 °Brix y 0,85 g/100 ml).

Cuadro 3. Contenido de sólidos solubles-SS (°Brix), acidez titulable-AT (g/100 ml) y ratio (SS/AT) en Clementina de Nules en cada momento de evaluación

Tratamientos	3 Semanas			6 Semanas			6 Semanas + 7d (VM)		
	SS	AT (g/100ml)	Ratio	SS	AT (g/100ml)	Ratio	SS	AT (g/100ml)	Ratio
Bri 18	10,5	0,83	12,7	10,6	0,75	14,1	10,8	0,72	15,0
Bri UEJ	11,3	0,72	15,7	11,1	0,73	15,2	10,9	0,78	14,0
Cit AUE	11,7	0,76	15,4	11,6	0,73	15,9	11,8	0,74	16,0
Cit Sunseal	11,7	0,82	14,3	10,7	0,75	14,3	10,8	0,77	14,1
Con AC-36 (1:2)	11,3	0,79	14,3	11,1	0,70	15,9	11,6	0,74	15,7
Con AC-36 (1:5)	11,7	0,80	14,6	11,0	0,80	13,8	12,1	0,74	16,4
Con FT-1365	12,1	0,89	13,6	12,2	0,85	14,4	12,3	0,84	14,6

Referencias: (Bri 18) Cera Brillaqua UE Mercosur; (Bri UEJ) Cera Brillaqua UE-J Mercosur; (Cit AUE) Cera Citrosol AUE; (Cit Sunseal) Cera Citrosol Sunseal UE; (Con AC-36 (1:2)) Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:2; (Con AC-36 (1:5)) Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:5; (Con FT-1365) Cera Concentrol Frutcoat FT-1365 dilución 1:2.

En Navelina, el análisis de calidad interna en cosecha mostró un nivel promedio de 11,2 °Brix, 0,80 g/100 ml de acidez, y de 14 de ratio (datos no mostrados). Durante el almacenamiento el cambio fue mínimo, únicamente relevante que los tratamientos Con FT-1365 y Cit Sunseal presentan valores más altos de 12,3 y 12,4 °Brix únicamente tras 3 semanas de almacenamiento, no existiendo diferencias posteriormente (Cuadro 4). La acidez descendió a valores cercanos a 0,67 y 0,65 g/100 ml en promedio luego de 3 y 6 semanas de almacenamiento, respectivamente, sin variar luego de la simulación de vida mostrador (Cuadro 4).

En los frutos tratados con Bri UEJ la acidez titulable fue mayor que para el resto de los tratamientos tras 6 semanas en frío + 7 días de vida mostrador (0,71 g/100 ml), mientras que los sólidos solubles fueron similares entre tratamientos, con excepción de Con AC-36 (1:5) y Cit AUE que mostraron un leve descenso a 10,6 y 10,7 °Brix, respectivamente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Contenido de sólidos solubles-SS (°Brix), acidez titulable-AT (g/100 ml) y ratio (SS/AT) en Navelina en cada momento de evaluación

Tratamientos	3 Semanas			6 Semanas			6 Semanas + 7d (VM)		
	SS	AT (g/100ml)	Ratio	SS	AT (g/100ml)	Ratio	SS	AT (g/100ml)	Ratio
Bri 18	11,1	0,69	16,1	10,5	0,64	16,4	11,5	0,67	17,2
Bri UEJ	11,2	0,69	16,2	11,3	0,73	15,5	11,6	0,71	16,3
Cit AUE	11,1	0,66	16,8	11,5	0,68	16,9	10,7	0,65	16,5
Cit Sunseal	12,4	0,64	19,4	11,0	0,63	17,5	11,3	0,62	18,2
Con AC-36 (1:2)	11,5	0,76	15,1	11,8	0,60	19,7	11,6	0,64	18,1
Con AC-36 (1:5)	11,3	0,66	17,1	11,6	0,53	21,9	10,6	0,61	17,4
Con FT-1365	12,3	0,60	20,5	11,7	0,72	16,3	11,3	0,63	17,9

Referencias: (Bri 18) Cera Brillaqua UE Mercosur; (Bri UEJ) Cera Brillaqua UE-J Mercosur; (Cit AUE) Cera Citrosol AUE; (Cit Sunseal) Cera Citrosol Sunseal UE; (Con AC-36 (1:2)) Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:2; (Con AC-36 (1:5)) Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:5; (Con FT-1365) Cera Concentrol Frutcoat FT-1365 dilución 1:2.

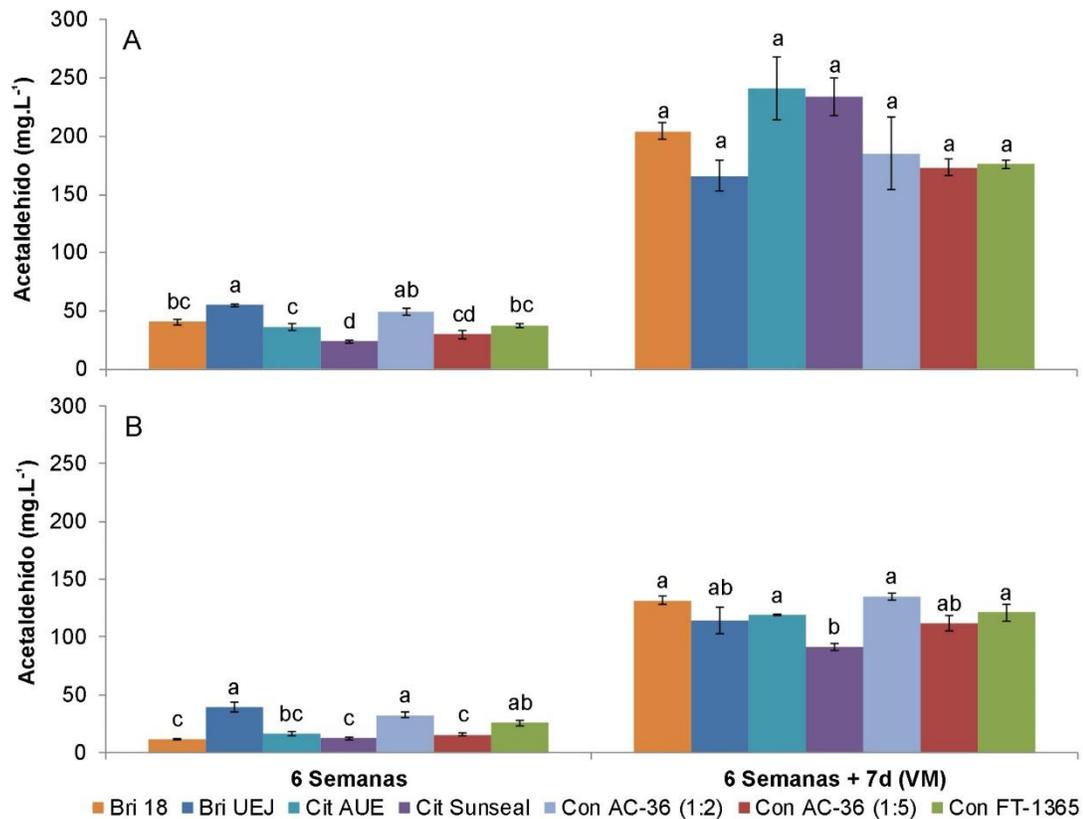
No se observaron diferencias muy grandes entre tratamientos en el contenido de sólidos solubles y acidez. Además, estos parámetros se mantuvieron relativamente estables durante todo el período de conservación (Cuadro 3 y 4). La reducción del contenido de acidez causado por el uso de diferentes ácidos como fuente de energía, así como el incremento de sólidos solubles por la actividad hidrolítica del almidón, son procesos metabólicos que dependen directamente de la temperatura (Hassan et al., 2014), por lo que la conservación a 1°C estaría influyendo en la ausencia de cambios relevantes en estas variables. Diversos autores tampoco observaron diferencias en el contenido de sólidos solubles y acidez en fruta almacenada a 5°C (Obenland et al., 2013) y 7°C (Obenland y Arpaia, 2018). Sin embargo, también hay registros de reducciones de acidez e incrementos de los sólidos solubles luego de almacenamientos prolongados a 5°C, aunque estos se acentuaron luego de períodos de vida comercial a 20-25 °C (Obenland et al. 2008, Marcilla et al. 2009, Tietel et al. 2010, Obenland et al. 2011, Hassan et al. 2014).

La severa pérdida de peso observada en frutos tratados con Con FT-1365 determinó una gran pérdida de agua, lo que podría estar explicando la concentración y por tanto, el aumento del contenido en sólidos solubles y acidez titulable observado en este tratamiento en Clementina de Nules (Cuadro 3). Este recubrimiento produjo en los frutos una mayor deshidratación, lo que se asoció con la mayor pérdida de peso, mayor incidencia de síntomas de deshidratado y peor estado general del cáliz. La utilización de este compuesto se promueve entonces para otros frutos tropicales y no para cítricos. Se utilizó una dilución 1:2 por lo que el producto final aplicado tuvo una concentración de

sólidos solubles del 18,5%, similar al resto de los recubrimientos. Sin embargo, su composición es diferente ya que está formulado a partir de una emulsión de cera microcristalina (E-905), mientras que los principales componentes de los recubrimientos utilizados para cítricos son cera de polietileno oxidada (E-914), goma laca (E-904), cera carnauba (E-903) y ésteres glicéridos de colofonia (E-445) (Hall 1981, Dou 2004). La composición de la cera es clave, más allá del nivel de sólidos que contenga, y por lo tanto, es una característica muy importante que debe ser considerada a la hora de seleccionar un recubrimiento.

4.6.2 Acetaldehído y etanol

El contenido de acetaldehído en jugo luego de 6 semanas de almacenamiento registró un valor máximo de $54,8 \text{ mg.L}^{-1}$ para el tratamiento Bri UEJ en Clementina de Nules, mientras que el mismo fue menor en Navelina, con $39,5 \text{ mg.L}^{-1}$. Luego de 7 días en vida mostrador, se observó un aumento importante del contenido de este compuesto en todos los tratamientos y en ambos cultivares. En Clementina se observó una concentración máxima de $240,7 \text{ mg.L}^{-1}$ en el tratamiento Cit AUE, aunque no se observaron diferencias significativas entre tratamientos en este momento de evaluación (Figura 8A). En el caso de Navelina sí se detectaron diferencias entre recubrimientos, siendo menor el contenido en Cit Sunseal ($91,8 \text{ mg.L}^{-1}$) que en Bri 18, Cit AUE, Con AC-36 (1:2) y Con FT-1365 ($126,8 \text{ mg.L}^{-1}$ en promedio). El resto de los tratamientos se mantuvo en valores intermedios (Figura 8B).



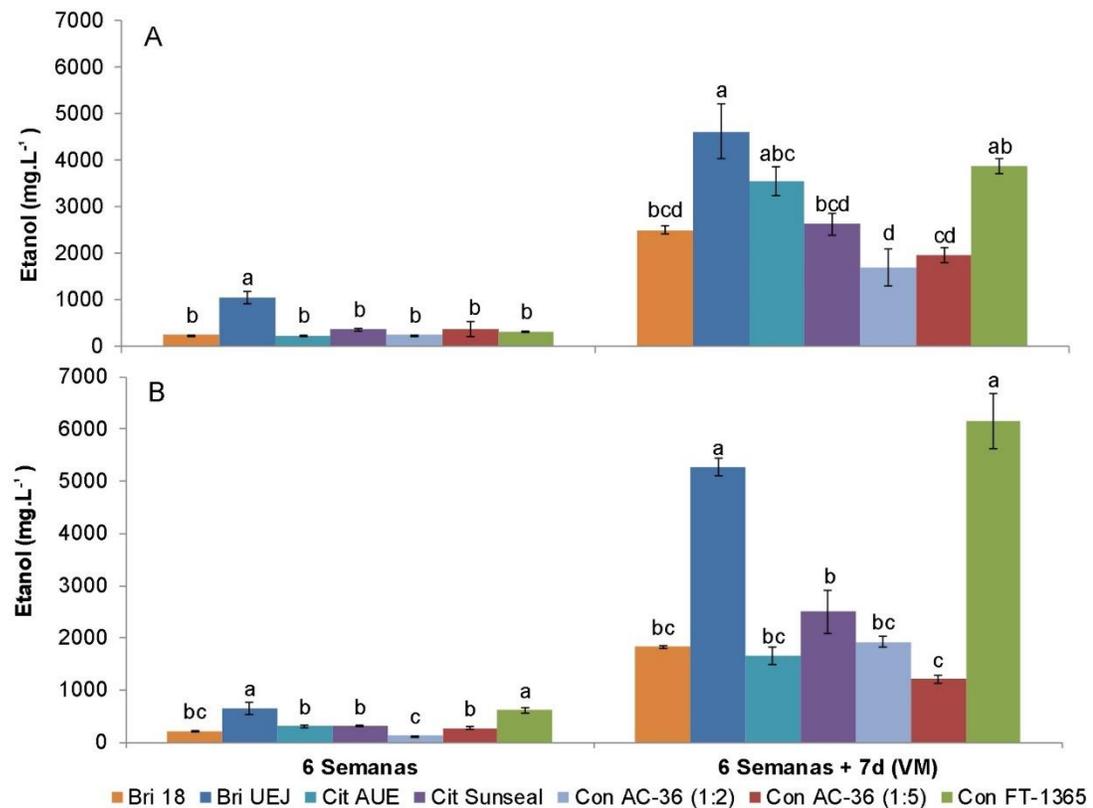
Medias (\pm error estándar) seguidas de igual letra entre tratamientos dentro de cada momento de evaluación no difieren significativamente (Tukey $p \leq 0,05$). Referencias: (Bri 18) Cera Brillaqua UE Mercosur; (Bri UEJ) Cera Brillaqua UE-J Mercosur; (Cit AUE) Cera Citrosol AUE; (Cit Sunseal) Cera Citrosol Sunseal UE; (Con AC-36 (1:2)) Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:2; (Con AC-36 (1:5)) Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:5; (Con FT-1365) Cera Concentrol Frutcoat FT-1365 dilución 1:2.

Figura 8. Concentración de acetaldehído (mg.L^{-1}) en el jugo de mandarinas Clementina de Nules (A) y naranjas Navelina (B) según tratamiento y momento de evaluación

El contenido de etanol en jugo luego de 6 semanas de almacenamiento registró un valor máximo de $1054,6 \text{ mg.L}^{-1}$ para el tratamiento Bri UEJ en Clementina de Nules y de $636,7 \text{ mg.L}^{-1}$ en promedio para los tratamientos Bri UEJ y Con FT-1365, en Navelina (Figura 9). Se observa también en Navelina un menor contenido de etanol ($124,5 \text{ mg.L}^{-1}$) en el jugo de los frutos tratados con Con AC-36 (1:2) en este momento de evaluación.

Al igual que ocurrió con el contenido de acetaldehído, luego de 7 días en vida mostrador, se observó un aumento muy importante en el contenido de este compuesto en todos los tratamientos y para ambos cultivares. En

Clementina de Nules se observó un contenido máximo de 4619,2 mg.L⁻¹, nuevamente para el tratamiento Bri UEJ, mientras que en Navelina se alcanzaron contenidos de 5711,9 mg.L⁻¹ en promedio para los tratamientos Bri UEJ y Con FT-1365, los cuales se diferenciaron notablemente del resto de tratamientos (Figura 9).



Medias (\pm error estándar) seguidas de igual letra entre tratamientos dentro de cada momento de evaluación no difieren significativamente (Tukey $p \leq 0,05$). Referencias: (Bri 18) Cera Brillaqua UE Mercosur; (Bri UEJ) Cera Brillaqua UE-J Mercosur; (Cit AUE) Cera Citrosol AUE; (Cit Sunseal) Cera Citrosol Sunseal UE; (Con AC-36 (1:2)) Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:2; (Con AC-36 (1:5)) Cera Concentrol Frutcoat AC-36 CE dilución 1:5; (Con FT-1365) Cera Concentrol Frutcoat FT-1365 dilución 1:2.

Figura 9. Concentración de etanol (mg.L⁻¹) en mandarinas Clementina de Nules (A) y naranjas Navelina (B) según tratamiento y momento de evaluación

Los recubrimientos reducen el intercambio gaseoso entre los frutos y el ambiente. Cuanto menor es este intercambio, menor es la pérdida de agua (menos deshidratación y pérdida de peso) pero también podría estimularse la

producción de acetaldehído y etanol, en la medida en que aumenta la temperatura y con ella, la respiración. Si la demanda de oxígeno supera la capacidad de ingreso al fruto, pueden iniciarse procesos fermentativos, que redundarían en el desarrollo de sabores no deseados y en un aumento en el contenido de acetaldehído y etanol (Agustí, 2003). Estos compuestos provocan cambios importantes en el equilibrio del sabor de mandarinas y naranjas, pudiendo ser detectados por los consumidores cuando sobrepasan determinados umbrales. La información disponible en la literatura en cuanto a estos umbrales es muy variable y muchas veces depende de la metodología utilizada en las determinaciones, así como también del tipo de consumidores y sus exigencias. La literatura muestra que niveles de etanol por encima de 800-5000 mg.kg⁻¹ (Hagenmaier, 2000), de 900 mg.kg⁻¹ (Ummarat et al., 2015), de 1500 mg.kg⁻¹ (Hagenmaier 2002, Obenland et al. 2008) o de 2000 mg.kg⁻¹ (Czerny et al., 2008) y niveles de acetaldehído mayores a 0,063 mg.kg⁻¹ (Czerny et al., 2008) o 0,282 mg.kg⁻¹ (Plotto et al., 2008), se asocian con la detección de sabores no deseados u “off-flavours” en inglés, por parte de un panel de jueces.

En Clementina y Navelina se observó un leve aumento en el contenido de acetaldehído y etanol durante el almacenamiento refrigerado. Sin embargo, luego de la vida mostrador a temperatura ambiente, la concentración de estos volátiles aumentó significativamente (Figuras 8 y 9). Esto coincide con lo observado por varios investigadores (Cohen et al. 1990, Meier et al. 2004, Tietel et al. 2010, Obenland et al. 2013, Ummarat et al. 2015), en donde el período de vida mostrador a mayor temperatura es clave en la estimulación de la síntesis de ambos compuestos (Agustí, 2003).

El contenido de acetaldehído siempre fue mayor en Clementina en comparación con Navelina, mientras que el etanol fue menor solamente en los tratamientos Bri UEJ, Con FT-1365 y Con AC-36 (1:2). Esto puede deberse a diferencias anatómicas en la corteza de ambas especies que proporcionan diferentes niveles de permeabilidad y por lo tanto, de intercambio gaseoso, independientemente del recubrimiento utilizado. Es así como es relevante considerar la interacción cultivar-recubrimiento especialmente en períodos extensos de conservación, el mejor tratamiento no siempre es adecuado para todos los cultivares, por lo que debe evaluarse el comportamiento en cada caso específico. En este sentido, Shi et al. (2007), comparando mandarina W. Murcott con pomelo Star Ruby, observó diferencias entre ambas especies, concluyendo que, a pesar de que la corteza es más gruesa en pomelo, el flavedo es más delgado y con menos cantidad de glándulas de aceite (son más impermeables a los gases), mientras que el albedo es menos denso que el de W. Murcott. Según estos autores, estas diferencias favorecerían la difusión de gases en el pomelo, reduciendo la formación de los compuestos volátiles derivados de la respiración anaeróbica.

El contenido de acetaldehído en jugo tras la vida mostrador superó los umbrales de detección citados en la literatura en todos los tratamientos y en ambos cultivares (Figura 8). Igualmente, existe un número muy bajo de trabajos que refieran a este tipo de umbral, por lo que dichos valores deben ser considerados con cautela e incluso plantear a futuro la generación de nuevos valores adaptados a las condiciones de este trabajo. En la producción de etanol se observaron diferencias entre tratamientos, no sobrepasándose este umbral con los recubrimientos Con AC-36 (ambas diluciones y en ambos cultivares), Bri 18 y Cit AUE en Navelina (Figura 9).

El nivel de intercambio gaseoso del fruto con el ambiente depende de la permeabilidad relativa de la cera, siendo mayor la misma cuanto menor es el contenido de goma laca y mayor el de polietileno oxidado (Petracek et al. 1998, Dou 2004). Esto coincide con que Con AC-36 a base de polietileno oxidado haya presentado valores de etanol siempre por debajo del umbral de referencia. No solo son importantes los componentes principales del recubrimiento, sino la concentración de cada uno y la interacción con la especie o cultivar evaluado (Dou, 2004). El tratamiento Bri 18 tiene apenas un 2,85% de goma laca mientras que se desconoce exactamente el contenido en Cit AUE. Actualmente la composición de los recubrimientos varía en función del destino de los frutos, priorizando el contenido de goma laca para viajes de corta duración y donde se quiere mayor brillo, o, utilizando cera de polietileno oxidado cuando el viaje es de larga duración, aunque en detrimento del brillo (Dou, 2004).

Más allá de estos resultados, algunos autores no encontraron una correlación tan clara entre el aumento del acetaldehído y la aparición off-flavours (Cohen et al. 1990, Obenland et al. 2013). Goldenberg et al. (2016) encontró una muy baja correlación entre la producción de etanol ($R=0,14$) y acetaldehído ($R=0,08$) y la aparición de "off-flavours", indicando que esta percepción no debería atribuirse únicamente a la modificación de la concentración de estos volátiles, sino que hay otros compuestos relevantes como por ejemplo los monoterpenos ($R=0,58$). En la misma línea Tietel et al. (2011) determinaron que no solo el etanol y el acetaldehído sino también productos derivados de la esterificación del etanol, estarían involucrados en la generación de sabores no deseados en mandarinas.

5. CONCLUSIONES

Se observaron diferencias en el comportamiento de los diferentes recubrimientos y en la respuesta durante el almacenamiento según el cultivar en estudio. Ningún tratamiento evaluado (con excepción de Con FT-1365, el cual fue descartado para su utilización en frutos cítricos) afectó negativamente la calidad externa (visual), la firmeza o la calidad interna de la fruta en comparación con el control de las empresas uruguayas, la cera Bri 18. Tampoco existieron diferencias grandes en la pérdida de peso entre tratamientos.

La fruta tratada con el recubrimiento Con FT-1365 manifestó una gran deshidratación, pérdida de peso y deterioro importante de la calidad externa e interna y del estado del cáliz, por lo que este producto no resultó adecuado para su utilización en postcosecha de frutos cítricos. El resto de los recubrimientos resultó adecuado para su aplicación en postcosecha de frutos cítricos.

El brillo y la apariencia general de la fruta fue superior en los tratamientos Con AC-36 (1:2), Cit AUE y Cit Sunseal durante todo el almacenamiento, al igual que el resto de las variables evaluadas. En la evaluación visual, no se observaron síntomas de daño por frío a pesar del almacenamiento a temperatura cuarentenaria y la incidencia de frutos podridos fue mínima. La incidencia de frutos con síntomas de deshidratación fue relevante, aunque los mismos fueron de intensidad leve en general, destacándose un mayor porcentaje en el tratamiento Bri UEJ en Clementinas en comparación con Bri 18.

El ennegrecimiento del cáliz fue muy intenso en ambos cultivares al remover la fruta del frío, siendo más acentuado en Navelina que en Clementina, lo que podría estar asociado con la respuesta al desverdizado diferencial en cada especie cítrica. En Clementina el ennegrecimiento fue más intenso para Con FT-1365 y Bri UEJ, con una menor proporción en Cit AUE y Cit Sunseal, mientras que en Navelina no se detectaron diferencias claras entre tratamientos en esta característica.

Los cambios en calidad interna (sólidos solubles, acidez y ratio) fueron mínimos y puntuales en algunas fechas de muestreo, sin observarse diferencias sostenidas entre tratamientos. Por lo tanto, los diferentes recubrimientos no estarían afectando directamente estas características.

Destaca un efecto más importante de la temperatura que del tiempo de conservación en el aumento de la concentración de acetaldehído y etanol en el jugo de ambos cultivares, apareciendo niveles superiores a los umbrales de

críticos únicamente luego del período de vida mostrador. Bri UEJ en Clementina y Navelina, y Cit AUE en Clementinas presentaron niveles de etanol superiores a los umbrales recomendados. Se destaca el tratamiento Con AC-36 por presentar un valor inferior al umbral, en ambas especies y en todos los momentos de evaluación, destacando la conservación del sabor en este recubrimiento. Destacar que únicamente Bri UEJ o Con FT-1365 presentaron una tendencia al mayor contenido de acetaldehído y etanol a las 6 semanas en comparación con el recubrimiento control (Bri 18).

Se destacó la importancia de evaluar un recubrimiento en las especies y/o cultivares cítricos de interés ya que los resultados son difícilmente extrapolables a otros cítricos. La composición del recubrimiento es clave a la hora de definir objetivos de la aplicación en función de las condiciones de almacenamiento estimadas (tiempo y temperatura).

Se concluye finalmente que los recubrimientos más promisorios para su utilización en Clementina de Nules y Navelina y posterior evaluación en condiciones comerciales son:

- Con AC-36 (1:2): presentó un aceptable nivel de brillo y fue el único tratamiento que presentó niveles de etanol por debajo del umbral de percepción en ambos cultivares durante todo el período de evaluación, incluida la etapa de vida mostrador.
- Cit AUE y Cit Sunseal: presentaron un brillo destacado y una buena apariencia general. Es importante considerar que los niveles de etanol fueron elevados en el recubrimiento Cit AUE, superando el umbral en Clementina, lo que sugiere la necesidad de controlar estrictamente la temperatura en los casos en que se utilice este recubrimiento de forma de no afectar negativamente el sabor de los frutos.

6. RESUMEN

El uso de recubrimientos tiene como objetivo evitar la deshidratación de los frutos, minimizar la aparición de manchas en la piel y pérdida de peso, además de prolongar la vida postcosecha manteniendo la apariencia del fruto. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes recubrimientos en la calidad, pérdida de peso y producción de acetaldehído y etanol en frutos de mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) var. Clementina de Nules y naranja (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) var. Navelina durante el almacenamiento postcosecha. Para ello, frutos de ambas variedades, previamente desverdizados y tratados con fungicida, fueron tratados con 7 recubrimientos comerciales diferentes: Bri 18 y Bri UEJ, Cit AUE y Cit Sunseal, Con AC-36 (diluciones 1:2 - 1:5) y Con FT-1365 (dilución 1:2), y almacenados por un período de 6 semanas en cámara de frío a 1+/- 0,5 °C más 7 días a temperatura ambiente simulando la vida mostrador. Se evaluaron diferentes parámetros de calidad visual como de calidad interna de los frutos luego de la aplicación de los tratamientos, a las 3 y 6 semanas, y luego de 7 días de vida mostrador. Los cambios en calidad interna (sólidos solubles, acidez y ratio) fueron mínimos y puntuales en algunas fechas de muestreo, sin observarse diferencias sostenidas entre tratamientos. La firmeza de fruto se redujo lo largo del almacenamiento, aumentando la deformación en mm, siendo más intensa en promedio en Navelina (45%) que en Clementina (8%). En la evaluación visual no se observaron síntomas de daño por frío a pesar del almacenamiento a temperatura cuarentenaria y la incidencia de frutos podridos fue mínima. La incidencia de frutos con síntomas de deshidratación fue relevante, aunque los mismos fueron de intensidad leve en general. Con AC-36 (1:2) presentó un aceptable nivel de brillo y fue el único tratamiento que presentó niveles de etanol por debajo del umbral de percepción en ambos cultivares durante todo el período de evaluación, incluida la etapa de vida mostrador. Por otro lado, el recubrimiento Con FT-1365 manifestó una gran deshidratación, pérdida de peso y deterioro importante de la calidad externa, por lo que este producto no resultó adecuado para su utilización en postcosecha de frutos cítricos. Los recubrimientos más promisorios para continuar con su evaluación a nivel comercial fueron Con AC-36 (1:2), Cit AUE y Cit Sunseal, presentando un buen nivel de brillo, con deshidratado y pérdida de peso aceptables.

Palabras clave: Almacenamiento; Acetaldehído; Etanol; Naranja; Mandarina; Encerado.

7. SUMMARY

The use of coatings aims to prevent dehydration of the fruits, minimize the occurrence of spots on the skin and weight loss, as well as prolong post-harvest life while maintaining fruit appearance. The objective of this work was to evaluate the effect of different coatings on the quality, weight loss and production of acetaldehyde and ethanol in mandarin fruits (*Citrus reticulata* Blanco) var. Clementina de Nules and orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) var. Navelina during postharvest storage. To this end, fruits of both varieties, previously deegreined and treated with fungicide, were treated with 7 different commercial coatings: Bri 18 and Bri UEJ, Cit AUE and Cit Sunseal, Con AC-36 (dilutions 1: 2 - 1: 5) and Con FT-1365 (1: 2 dilution), and stored for a period of 6 weeks in a cold chamber at 1+/- 0.5 °C plus 7 days at room temperature simulating the shelf life. Different parameters of visual appearance were evaluated, such as the internal quality of the fruits after the application of the treatments, at 3 and 6 weeks, and after 7 days of shelf life. Changes in internal quality (soluble solids, acidity and ratio) were minimal and at certain sampling dates, with no sustained differences between treatments. The firmness of the fruit was reduced throughout the storage time, increasing the deformation in mm, being more intense on average in Navelina (45%) than in Clementine (8%). In the visual evaluation, no symptoms of cold damage were observed despite storage at quarantine temperature and the incidence of rotten fruits was minimal. The incidence of fruits with symptoms of dehydration was relevant, although they were mild in general. Con AC-36 (1: 2) it presented an acceptable level of brightness and was the only treatment that presented ethanol levels below the threshold of perception in both cultivars during the entire evaluation period, including the shelf life period. On the other hand, the coating Con FT-1365 manifested a great dehydration, weight loss and significant deterioration of external quality, so this product was not suitable for postharvest use in citrus fruits. The most promising coatings to continue with their commercial evaluation were Con AC-36 (1: 2), Cit AUE and Cit Sunseal, presenting a good level of brightness, with acceptable dehydration and weight loss.

Keywords: Storage; Acetaldehyde; Ethanol; Orange; Mandarin; Waxing.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Ackermann, M. N.; Díaz, A. 2018. Fruticultura: situación y perspectivas de la citricultura y los frutales de hoja caduca. Anuario OPYPA 2018: 253-277.
2. Agustí, M. 2003. Citricultura. 2ª. ed. Madrid, Mundi-Prensa. 422 p.
3. _____.; Almela, V.; Juan, M. 2004. Alteraciones fisiológicas de los frutos cítricos. Madrid, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. 126 p.
4. Álvarez, R. 2012. Formulación de un recubrimiento comestible para frutas cítricas, estudio de su impacto mediante aproximación metabolómica y evaluación de la calidad poscosecha. Tesis Doctoral. Medellín, Colombia. Universidad de Antioquía. Facultad de Química Farmacéutica. 207 p.
5. Alzamora, S.; Guerrero, S.; Nieto, A.; Vidales, S. 2004. Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas: manual de capacitación. Roma, FAO. 72 p.
6. Bello, F.; Almirón, N.; Meier, G. 2009. Guía para la identificación de daños en postcosecha de frutos cítricos. Concordia, INTA. 29 p.
7. Blandón Navarro, S. 2012. Fisiología poscosecha. Managua, UNI. 24 p.
8. Brown, G. E.; Petracek P.D.; Chambers, M.; Dou, H.; Pao, S. 1998. Attempts to extend the market availability of 'Marsh' grapefruit with storage at 2-3 °C. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 111: 268-273.
9. Cáceres, I.; Martínez-Jávega, J. M.; Cuquerella, J.; del Río, M.A.; Navarro, P. 2003. Influencia del encerado en la calidad de la mandarina Clemenules procedentes de Sistemas de Producción Integrada. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 5(2): 113-116.
10. Cano, R.; Salas, O.; Pérez, F. 2000. Manejo poscosecha de frutas y hortalizas. In: Curso - Taller Hacia una Agricultura Sostenible (2000, Granada). Proyecto fortalecimiento y capacitación técnico empresarial para cuatro microempresas agroindustriales del Municipio de Granada. Granada, Municipio de Granada. pp. 3-86.

11. Cocco, M.; Almirón, N.; Meier, G. 2016. Alternativas a los fungicidas de síntesis para el control de *Geotrichum citri-aurantii* y *Penicillium digitatum* en poscosecha de naranjas y mandarinas. In: Jornada de Divulgación Poscosecha de Frutos Cítricos (2016, Salto). Estudio del daño por frío y control de patógenos. Montevideo, INIA. pp. 16-22 (Actividades de Difusión no. 770).
12. Cohen, E.; Shalom, Y.; Resenberger, I. 1990. Postharvest ethanol buildup and off-flavor in 'Murcott' tangerine fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 115 (5): 775-778.
13. Cuquerella, J. 1997. Técnicas y prácticas de desverdización de cítricos producidos en condiciones mediterráneas. *Phytoma (España)*. no. 90: 106-110.
14. Czerny, M.; Christlbauer, M.; Christlbauer, M.; Christlbauer, M.; Fischer, A.; Granvogl, M.; Hammer, M.; Hartl, C.; Moran Hernandez, N.; Schieberle, P. 2008. Re-investigation on odour thresholds of key food aroma compounds and development of an aroma language based on odour qualities of defined aqueous odorant solutions. *European Food Research and Technology*. 228: 265-273.
15. Davies, F. S.; Albrigo, L. G. 1994. Cítricos. Zaragoza, Acribia. 283 p.
16. Dou, H. 2004. Effects of coating application on chilling injury of grapefruit cultivars. *Hort Science*. 39(3): 558-561.
17. Goldenberg, L.; Yaniv, Y.; Choi, H. J.; Doron-Faigenboim, A.; Carmi, N.; Porat R. 2016. Elucidating the biochemical factors governing off-flavor perception in mandarins. *Postharvest Biology and Technology*. 120: 167-179.
18. Gómez, E. 2017. Recubrimientos de frutas. Valencia, SPE3. 20 p.
19. _____. 2018. Recubrimientos de cítricos. Valencia, SPE3. 42 p.
20. Grierson, W.; Miller, W. 2006. Storage of Citrus Fruits. In: Wardowski, W.; Miller, W.; Hall, D.; Grierson, W. eds. *Fresh citrus fruits*. 3rd ed. Florida, Florida Science Source. cap. 20, pp. 547-581.
21. Hagenmaier, R. D. 2000. Evaluation of a polyethylene-candelilla coating for 'Valencia' oranges. *Postharvest Biology and Technology*. 19: 147-154.

22. _____. 2002. The flavor of mandarin hybrids with different coatings. *Postharvest Biology and Technology*. 24: 79-87.
23. Hall, D. J. 1981. Innovations in citrus waxing – an overview. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 94: 258-263.
24. Hassan, Z. H.; Lesmayati, S.; Qomariah, R.; Hasbianto, A. 2014. Effects of wax coating applications and storage temperatures on the quality of tangerine citrus (*Citrus reticulata*) var. Siam Banjar. *International Food Research Journal*. 21 (2): 641-648.
25. Jimenez-Cuesta, M.; Cuquerella, J.; Martinez-Javeda, J. M. 1981. Determination of a color index for citrus degreening. *Proceedings. International Society of Citriculture*. 2: 750-753.
26. Lado, J.; Luque, E.; Silva, G. 2010. Manejo de la poscosecha en cítricos; Desafíos para la innovación en un mercado dinámico. *Revista INIA*. no. 22: 32-34.
27. _____.; Pérez Faggiani, E.; De Nigris, A.; Dol, I.; Knochen, M. 2013. Residuos en frutos de naranja del fungicida imazalil aplicado en postcosecha y su efecto en el control de moho verde. *Agrociencia (Montevideo)*. 17(2): 83-90.
28. _____.; Rodrigo, M.J.; Zacarías, L. 2014. Maturity indicators and citrus fruit quality. *Stewart Postharvest Review* 2(2): 1-6.
29. _____. 2015. Evaluación del comportamiento de las principales variedades exportadas frente al tratamiento cuarentenario por frío. Salto, INIA. 11 p.
30. _____.; Pintos, P.; Luque, E.; Moltini, A. I. 2016. Aplicación de bajas temperaturas en la postcosecha de los frutos cítricos: estrategias para minimizar el daño por frío. *In: Jornada de Divulgación Poscosecha de Frutos Cítricos (2016, Salto)*. Estudio del daño por frío y control de patógenos. Montevideo, INIA. pp. 3-15 (Actividades de Difusión no. 770).
31. _____.; Cronge, P.; Rodrigo, M. J.; Zacarías, L. 2019. Cítricos. *In: Tonetto de Freitas, S.; Pareek, S. eds. Postharvest physiological disorders in fruits and vegetables*. Boca Raton, FL, Taylor y Francis. cap. 17, pp. 321-341.

32. Lafuente, M. T.; Zacarías, L. 2006. Postharvest physiological disorders in citrus fruit. *Stewart Postharvest Review*. 1(2): 1-9.
33. Marcilla, A.; Martínez, Z.; Carot, J. M.; Palou, L.; del Río, M. A. 2009. Relationship between sensory and physico-chemical quality parameters of cold-stored 'Clemenules' mandarins coated with two comercial waxes. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 7(1): 181-189.
34. Márquez, F. 2017. Optimización del procesamiento de las cáscaras de mandarina, naranja, limón y toronja; para la obtención de la D-glucosa y el ácido galacturónico y una potencial aplicación industrial. Proyecto de grado para optar al título de Licenciatura en Química Industrial. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Tecnología. 128 p.
35. Mayouni, L.; Tietel, Z.; Patil, B. S.; Porat, R. 2011. Does ethylene degreening affect internal quality of citrus fruit? *Postharvest Biology and Technology*. 62(1): 50-58.
36. Mazzuz, C. F. 1996. Calidad de frutos cítricos: manual para su gestión desde la recolección hasta la expedición. Barcelona, Ediciones de Horticultura 317 p.
37. Meier, G. E.; Ponte, E.; Vázquez, D. E. 2004. Contenido de acetaldehído y etanol en naranjas y mandarinas durante la postcosecha. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 33 (1): 135-150.
38. _____; Cocco, M.; Vázquez, D. 2008. Desverdizado de frutos cítricos, Experiencias en naranjas y mandarinas. Concordia, INTA. 26 p. (Serie de extensión no. 03).
39. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2015. Anuario estadístico agropecuario 2014. Montevideo. 243 p.
40. _____. _____. 2016. Anuario estadístico agropecuario 2015. Montevideo. 215 p.
41. _____. _____. 2017. Anuario estadístico agropecuario 2016. Montevideo. 198 p.
42. _____. _____. 2018a. Anuario estadístico agropecuario 2017. Montevideo. 214 p.

43. _____ . 2018b. Encuesta citrícola “primavera 2017”.
Montevideo. 8 p.
44. _____ . 2019. Anuario estadístico agropecuario 2018.
Montevideo. 211 p.
45. Obenland, D.; Collin, S.; Sievert, J.; Fjeld, K.; Doctor, J.; Arpaia, M. L. 2008. Commercial packing and storage of navel oranges alters aroma volátiles and reduces flavor quality. *Postharvest Biology and Technology*. 47: 159-167.
46. _____; Collin, S.; Mackey, B.; Sievert, J.; Arpaia, M. L. 2011. Storage temperature and time influences sensory quality of mandarins by altering soluble solids, acidity and aroma volatile composition. *Postharvest Biology and Technology*. 59: 187-193.
47. _____; Collin, S.; Sievert, J.; Arpaia, M. L. 2013. Mandarin flavor and aroma volatile composition are strongly influenced by holding temperature. *Postharvest Biology and Technology*. 82: 6-14.
48. _____; Arpaia M. L. 2018. Impact of changing wax type during storage on mandarin flavor and quality attributes. *Acta Horticulturae*. no. 1194: 807- 814.
49. Palacios, J. 2005. *Citricultura*. Tucumán, Alfa Beta. 518 p.
50. Pássaro Carvalho, C.; Navarro, P.; Salvador, A. 2012. Poscosecha. In: Garcés Giraldo, L. F. ed. *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización*. Itagüí, Caldas, Corporación Universitaria Lasallista. cap. 9, pp. 223-284.
51. Pérez, E.; Blanco, O.; Berreta, C.; Dol, I.; Lado, J. 2011. Imazalil concentration for in vitro monitoring of imazalil resistant isolates of *Penicillium digitatum* in citrus packinghouses. *Postharvest Biology and Technology*. 60(3): 258-262.
52. _____; Besil, N.; Heinzen, H.; Lado, J. 2015. Pudrición amarga: evaluación del fruitgard pz100 (p.a. propiconazole) para el control de *Geotrichum citri aurantii*. In: Jornada de Divulgación Resultados de Investigación en Citricultura (2015, Salto). Genética, sanidad, productividad. Montevideo, INIA. pp. 61-64 (Actividades de Difusión no. 752).

53. Petracek, P. D.; 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.
54. Plotto, A.; Margaría, C. A.; Goodner, K. L.; Baldwin, E. A. 2008. Odour and flavour thresholds for key aroma components in an Orange juice matrix: esters and miscellaneous compounds. *Flavour and Fragrance Journal*. 23: 398-406
55. Porat, R. 2008. Degreening of citrus. *Tree and Forestry Science and Biotechnology*. 2: 71-76.
56. Quiñones Montero, M. 2017. Uruguay: identificación de oportunidades para promover la creación de empleos verdes en la citricultura. Santiago, Organización Internacional del Trabajo. 83 p.
57. Ragone, M. 1996. Cosecha transporte y postcosecha. *In*: Fabiani, A.; Mika, R.; Larroca, L.; Anderson, C. eds. Manual para productores de naranja y mandarina de la región del Río Uruguay. Buenos Aires, INTA. cap. 13, pp. 202-206 (Serie A no. 2).
58. Roger Amat, S. 1991. Defectos y alteraciones de los frutos cítricos en su comercialización. 2^a. ed. Castellón, Litografía Nicolau. 153 p.
59. Salvador, A.; Navarro, P.; Martínez-Jávega, J. M. 2007. Tecnología postcosecha de los cítricos. *In*: Simposio Internacional de Citricultura (11^o., 2007, Victoria Tamaulipas). La citricultura mexicana en el siglo XXI. Valencia, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. s.p.
60. Schneider, H. 1968. The anatomy of citrus. *In*: Reuther, W.; Batchelor, L. D.; Webber, H. J. eds. The citrus industry. Berkley, University of California. v. 2, cap. 1, pp. 2 - 17.
61. Sevillano, L.; Sanchez-Ballesta, M. T.; Romojaro, F.; Flores, F. B. 2009. Physiological, hormonal and molecular mechanisms regulating chilling injury in horticultural species: postharvest technologies applied to reduce its impact. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 89(4): 555-573.
62. Shi, J. X.; Goldschmidt, E. E.; Goren, R.; Porat, R. 2007. Molecular, biochemical and anatomical factors governing ethanol fermentation metabolism and accumulation of off-flavors in mandarins and grapefruit. *Postharvest Biology and Technology*. 46: 242-251.

63. Tietel, Z.; Bar, E.; Lewinsohn, E.; Feldmesser, E.; Fallik, E.; Porat, R. 2010. Effects of wax coatings and postharvest storage on sensory quality and aroma volatile composition of 'Mor' mandarins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 90: 995-1007.
64. _____.; Lewinsohn, E.; Fallik, E.; Porat, R. 2011. Elucidating the roles of ethanol fermentation metabolism in causing off-flavors in mandarins. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*. 59: 11779-11785.
65. Ummarat, N.; Arpaia, M. L.; Obenland, D. 2015. Physiological, biochemical and sensory characterization of the response to waxing and storage of two mandarin varieties differing in postharvest ethanol accumulation. *Postharvest Biology and Technology*. 109: 82-96.
66. USDA (United States Department of Agriculture, US). 2016. Treatment Manual. Washington, D. C. 940 p.
67. Vázquez, D. 1996. Cosecha transporte y postcosecha. In: Fabiani, A.; Mika, R.; Larroca, L.; Anderson, C. eds. Manual para productores de naranja y mandarina de la región del Río Uruguay. Buenos Aires, INTA. cap. 13, pp. 207-211 (Serie A no. 2)
68. Zócalo, P. 2016. Manchado postcosecha de mandarina Satsuma 'Okitsu'; Caracterización anatómica, efecto de factores ambientales y manejo postcosecha. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 72 p.