



Esta obra está bajo una **Licencia Creative Commons**
Atribución/reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 internacional

Influencia del uso de malla antigranizo en la calidad y comportamiento en el almacenamiento de pera cv. Forelle

Andrea Lucía Castro, Josefina Del Brío, Ariel Roberto Vicente, María Dolores Raffo Benegas, Gabriela Calvo.

Investigación Joven, (12), e008, artículos, 2025

<https://doi.org/10.24215/23143991e008>

ISSN 2314-3991 | <https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/index>

Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

La Plata, Buenos Aires, Argentina

INFLUENCIA DEL USO DE MALLA ANTIGRANIZO EN LA CALIDAD Y COMPORTAMIENTO EN EL ALMACENAMIENTO DE PERA CV. FORELLE

INFLUENCE OF ANTI-HAIL NETS ON FORELLE PEAR FRUIT QUALITY AND POSTHARVEST PERFORMANCE

Andrea Lucía Castro^{1,2,3}

castro.andrealucia@inta.gob.ar

<https://orcid.org/0000-0003-0113-0811>

Josefina Del Brío¹

delbrio.josefina@inta.gob.ar

<https://orcid.org/0009-0005-6598-6653>

Ariel Roberto Vicente⁴

arielvicente@quimica.unlp.edu.ar

<https://orcid.org/0000-0003-1289-9554>

María Dolores Raffo Benegas¹

raffo.dolores@inta.gob.ar

<https://orcid.org/0000-0001-9652-4359>

Gabriela Calvo¹

calvo.gabriela@inta.gob.ar

<https://orcid.org/0000-0002-2399-260X>

1 | Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, Estación Experimental Alto Valle), Argentina.

2 | Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, Centro Patagonia Confluencia), Argentina.

3 | Universidad Nacional del Comahue, Argentina.

4 | Laboratorio de Investigación en Productos Agroindustriales (LIPA-CONICET), Universidad Nacional de La Plata (Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales), Argentina.

RESUMEN

El Alto Valle de Río Negro y Neuquén es una de las principales regiones productoras de Pomáceas en Argentina. Las principales inclemencias climáticas son el exceso de radiación y las tormentas de granizo. Las mallas antigranizo son empleadas para atenuar sus efectos. De todos modos, su uso podría afectar la calidad y postcosecha de los frutos. Esto se ha estudiado en varias especies, pero en peras no existen antecedentes. Se evaluó el efecto del empleo de mallas antigranizo en la calidad (peso, calibre, color, porcentaje de cobertura) y madurez (firmeza, sólidos solubles y acidez) de pera cv. Forelle bajo malla. Se determinó el pardeamiento de la piel y los cambios en la concentración de alfa farnesenos y trienos conjugados. No se observó diferencia en el porcentaje de cobertura, en el color de fondo y en la luminosidad. El efecto sobre el peso y el calibre fueron dependientes de la temporada. La madurez no fue afectada por la malla. En poscosecha se observó pardeamiento de la piel luego del almacenamiento, que fue mayor y más severo en la fruta bajo malla. La acumulación de alfa farnesenos no difirió entre tratamientos. Los trienos conjugados alcanzaron mayores valores en los frutos Testigo. El grado de daño en la piel no mostró correlación con la dinámica de estos compuestos. Los resultados indican que empleo de malla antigranizo incrementa la susceptibilidad de pera cv. Forelle al pardeamiento de la piel en la poscosecha.

PALABRAS CLAVE: fisiopatía, granizo, trienos conjugados.

ABSTRACT

Alto Valle of Rio Negro and Neuquén is one of the most important pome fruit production regions in Argentina. The climatic adversities are excessive radiation and hailstorms. The anti-hail nets are the technology used to impair their effects. Such nets may be effective to prevent hail damage but may cause changes in fruit quality and postharvest performance. This has been reported in some fruit species. However, in the case of Forelle pear it has not been determined. In this work we evaluated the quality (weight, size, color, percentage coverage, and lightness) and maturity (firmness, soluble solids, and acidity) of Forelle pears grown without (Control) or under anti-hail nets at harvest and after refrigeration. We also determined the changes in peel browning, alpha farnesenes and conjugated trienols accumulation during cold storage. No differences were found on the color cover percentage, peel color and lightness, firmness acidity or soluble solids at harvest. Fruit weight and diameter were more affected by the season than by the treatment. Peel browning during storage was higher and more severe in fruit grown with anti-hail net. Alpha farnesenes accumulation did not differ between treatments. Conjugated trienols peaked after 120 days of storage in both seasons with higher accumulation in the Control. The extent of fruit peel damage did not correlate with alpha farnesenes or conjugated trienols dynamics. Results show that the use of anti-hail nets increases the susceptibility of Forelle pears to peel postharvest browning.

KEYWORDS: physiological disorder, hail, conjugated trienols.

INTRODUCCIÓN

El Alto Valle de Rio Negro y Neuquén es una de las principales regiones productoras de pera y manzana en Argentina. Las condiciones climáticas en esta zona se caracterizan

por veranos secos y cálidos e inviernos fríos. La temperatura máxima se registra en diciembre y enero, llegando a los 40 °C. A su vez, la zona registra 157 días de radiación solar plena, principalmente entre los meses de noviembre a febrero, principal momento de desarrollo de los frutos. Las altas temperaturas y el exceso de radiación pueden producir daños por sol en los frutos (Rodríguez y Muñoz, 2022). Otro fenómeno climático que condiciona la producción son las tormentas de granizo. El granizo produce heridas en las plantas y en la fruta, que comprometen la calidad y cantidad de producto. La frecuencia de este tipo de tormentas es cada vez mayor, presentándose entre cuatro y seis eventos durante la temporada productiva (Muñoz y Rodríguez, 2022). El uso de mallas antigranizo es la principal tecnología disponible para mitigar los efectos de estos dos fenómenos. Asimismo, puede reducir el estrés en las plantas (Mupambi et al., 2018).

Las mallas antigranizo modifican la radiación fotosintéticamente activa (PAR). En España, las mallas negras interceptan cerca del 25 % de la radiación y las mallas cristal alrededor del 12 % (Iglesias y Alegre, 2006). Estos autores establecen que la interceptación de la radiación puede condicionar la calidad y madurez de los frutos (Iglesias y Alegre, 2006). Estudios en manzana cv. Cripps Pink mostraron que el uso de malla antigranizo puede reducir la coloración (Raffo et al., 2015; Brglez Sever et al., 2015). En cuanto a la firmeza, los efectos informados en la literatura son variados. Manzanas cv. Mondial Gala producidas bajo malla negra y cristal no presentaron diferencias en firmeza con respecto frutos control (Iglesias y Alegre, 2006). Sin embargo, en manzanas cv. Pink Lady y cv. Red Delicious el uso de malla negra redujo la firmeza (Raffo et al., 2015). En pera cv. Bartlett se observaron menores valores de firmeza en frutos sombreados respecto de frutos totalmente expuestos a la radiación (Raffo et al., 2011). En relación a los sólidos solubles y acidez titulable se ha informado que pueden ser afectados por sombreado (Mupambi et al., 2018). De acuerdo con ello, en manzana cv. Granny Smith las mallas redujeron la concentración de sólidos solubles totales (Hamadziripi et al., 2014). Manzanas cv. Golden Delicious cosechadas en zonas sombreadas del árbol, presentaron menor acidez titulable (Hamadziripi et al., 2014). De todos modos, este efecto es dependiente tanto de la variedad como del nivel de sombreado. En manzana cv. Mondial Gala el uso de malla antigranizo negra y malla cristal no ocasionó cambios significativos en la acidez y sólidos solubles (Iglesias y Alegre, 2006).

Un aspecto menos estudiado es el impacto del empleo de mallas en el comportamiento poscosecha de los frutos, ya sea en la evolución en los parámetros de calidad como en la incidencia y severidad de fisiopatías. Una de las principales fisiopatías en frutales de pepita es el pardeamiento de la piel y el desarrollo de escaldado superficial. Los síntomas son manchas marrones con bordes irregulares en la piel del fruto que aparecen con el transcurso de los días a temperatura ambiente. Este es un problema que suele aparecer luego de la conservación de al menos 90 días a baja temperatura (Calvo y Candán, 2013). En una primera etapa, las células hipodérmicas colapsan. Posteriormente el desorden evoluciona afectando también a las células epidérmicas y corticales. Macroscópicamente la superficie se vuelve rugosa y con depresiones (Calvo, 2016). En algunos genotipos se ha asociado con la muerte celular desencadenada por la acumulación de trienos conjugados generados como consecuencia de la oxidación de alfa farnesenos (Whitaker, 2004). Este es un proceso complejo que es afectado, además, por la presencia de compuestos antioxidantes que reducen la formación de trienos conjugados (Calvo et al., 2015).

La susceptibilidad al pardeamiento poscosecha de la piel es muy dependiente de la variedad. Así, por ejemplo, variedades coloreadas con alto nivel de antioxidantes en la piel (como manzanas cv. Rosy Glow) son menos sensibles. Las peras cv. Beurré D'Anjou que presentan mayor coloración roja (blush), se muestran menos susceptibles al escaldado que aquellas no coloreadas (Zhao et al., 2016). Con respecto a la relación entre escaldado superficial y el uso de mallas antigranizo, en manzanas cv. Granny Smith el uso de malla roja aumentó la incidencia y severidad del escaldado (Vuković et al., 2020).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la malla antigranizo en la calidad y madurez de peras cv. Forelle al momento de la cosecha y luego de la conservación frigorífica. A su vez, se evaluó si el uso de malla afectaba la oxidación de la piel luego de la conservación en frío y la dinámica de concentración de alfa farnesenos y trienos conjugados.

METODOLOGIA

Material vegetal y tratamientos

El sitio de estudio se encuentra localizado en Contralmirante Guerrico, en el Alto Valle de Río Negro, Argentina. Se trabajó en parcelas ubicadas en la Estación Experimental Alto Valle del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (-39.023175337419595; -67.73626348651942). Se utilizaron frutos de pera cv. Forelle sobre portainjerto Sydo® plantadas en el año 2016. Sydo® es un portainjerto enanizante de perales, de origen membrillero. El cultivar de pera Forelle se caracteriza por presentar frutos de tamaño pequeño a medio, y bicolorados, de fondo verde y con cobertura roja.

El marco de plantación fue 3,5 x 0,5m., y las plantas se condujeron en eje central. Se utilizaron cuatro bloques, los cuales se cubrieron con malla de exclusión de coloración mixta. La malla de exclusión es un sistema que cubre cada fila de plantas, dejando los interfilares sin cubrir. A su vez se utilizaron cuatro bloques sin malla.

Las mallas colocadas sobre la plantación de peras son de tejido gasa de vuelta y la materia prima es monofilamento cilíndrico de polietileno de alta densidad. Son de 320 micrones, con cuatro hilos por cm². La apertura es de 4,40 x 2,20 mm. El color es mixto, con un filamento blanco y otro negro. Este tipo de malla produce un sombreado de 20% ± 5% según el fabricante.

Se realizó el ensayo durante dos temporadas (temporada 2022 = temporada I, temporada 2023 = temporada II). Para ambas temporadas, la cosecha se realizó de manera manual en la fecha adecuada para su madurez fisiológica, luego de 150 días de plena floración (DDPF). Los índices de madurez para la cosecha temprana de esta variedad son: firmeza 14 lb.cm⁻², sólidos solubles iguales o mayores a 13 %, acidez titulable menor a 3,5 g./l.

Se cosecharon 240 frutos de cada tratamiento: Testigo (sin malla) y Malla antigranizo. Los mismos se cosecharon de los cuatro bloques y se extrajeron de manera aleatoria para cada determinación. La fruta de ambos tratamientos se conservó en cámara de Frio convencional (0,5°C y 95% HR) para las posteriores evaluaciones de madurez, oxidación de la piel y alfa-farnesenos y trienos conjugados. La calidad de los frutos se determinó al momento de cosecha y a salida de conservación (luego de 180 días de

almacenamiento refrigerado a 0,5 °C). Se analizaron tres repeticiones de 20 frutos cada una para cada tratamiento y evaluación.

Cobertura y color superficial

Se determinó de manera visual el porcentaje de la superficie de los frutos cubiertos de color rojo y las coordenadas espaciales CIELAB (L^* , a^* , b^*) con un colorímetro (CR-400, Minolta, Japón). Posteriormente se calculó el ángulo hue ($1/\text{tg}.(b^*/a^*)$).

Tamaño

El peso y calibre se determinaron con balanza y calibre digital, respectivamente (FTA-GS14, Güss, Sudáfrica). Ambas herramientas tienen una precisión de dos decimales. El peso y el calibre se tomaron de manera individual a cada uno de los frutos a los cuales se les hizo firmeza y almidón. En total, fueron tres repeticiones de veinte frutos.

Madurez

Firmeza

Se midió en ambas caras del fruto, con un penetrómetro electrónico (FTA-GS14, Güss, Sudáfrica) utilizando un embolo de 8 mm. Previamente, se peló la piel de dos sitios opuestos en la zona ecuatorial.

Sólidos solubles y acidez titulable

El análisis de sólidos solubles y acidez titulable se realizó sobre una muestra de jugo de 10 frutos por muestra. El jugo se realizó con una sección de la zona ecuatorial. Se tomó un mililitro de este y utilizando un refractómetro digital (PAL1, Atago, Japón) se determinó la concentración de sólidos solubles en porcentaje. Luego, se titularon 10 ml. de jugo con hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N hasta pH 8,2 medido en forma potenciométrica.

Pardeamiento de la piel

La incidencia se cuantificó como porcentaje de frutos con síntomas de pardeamiento. La severidad se calificó en cuatro grados según el porcentaje de la superficie afectada: Grado 0: fruta sana, Grado 1: menos del 25 %, Grado 2: entre el 25 y 50 %, Grado 3: entre el 50 y el 75 % y Grado 4: más del 75 % y se calculó la media ponderada (Calvo, 2016).

Alfa farnesenos (AF) y trienos conjugados (TC)

Se extrajeron 5 discos de 10 mm. de piel de zona ecuatorial de 6 frutos. Estos, se colocaron en 10 ml. de hexano grado HPLC y se agitaron por 10 minutos a 250 rpm. Se diluyó 1 ml. en 4 ml. de hexano puro y luego se midió la absorbancia en espectrofotómetro (1001-Plus, Milton Roy, EE. UU.). El blanco de reacción se realizó con hexano puro. Las longitudes de onda utilizadas fueron 232 para AF y 281 y 290 para TC. Los coeficientes de extinción para el cálculo de AF y TC fueron $\epsilon=27,700$ l./($\text{mol}\cdot\text{cm}.$) y $\epsilon=25,000$ l./($\text{mol}\cdot\text{cm}.$), respectivamente. Los resultados se expresaron en $\text{nmol}\cdot\text{cm}^{-2}$ (Anet, 1972).

Las determinaciones de AF y TC se realizaron desde los 0 días hasta los 180 días, mensualmente.

Análisis estadístico

El diseño experimental fue un DCA (Diseño completamente aleatorizado). El análisis estadístico se realizó con software Infostat®, versión 2020, software R 4.2.2. y RStudio 2023.12.1 4.02. Los métodos estadísticos utilizados fueron separación de medias mediante ANOVA.

RESULTADOS

Calidad y madurez

Los parámetros de calidad respecto del color, porcentaje de cobertura, color de fondo y luminosidad, no presentaron diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las temporadas evaluadas (Tabla 1). La cobertura de color se incrementó durante la conservación en la temporada I y no en la temporada II, pero sin presentar diferencias entre tratamientos en ambos ciclos productivos. Con respecto al color de fondo, en ambas temporadas se observó durante la conservación frigorífica un descenso del Hue desde valores cercanos a 120° al momento de cosecha hasta 100° luego de 180 días de almacenamiento. La luminosidad (L*) se incrementó en ese mismo período, indicando que los frutos se tornaron más claros. Al analizar el calibre se observó que en una de las temporadas (Temporada II) el uso de malla resultó en un incremento respecto del Testigo. Pero esta tendencia no se registró en la temporada I. El uso de mallas no provocó modificaciones sustanciales en el calibre de la fruta que varió entre 63 y 65 mm.

Tabla 1: Porcentaje de cobertura roja, color de fondo, luminosidad, peso y calibre de pera cv. Forelle Testigo o producida con Malla antigranizo mixta durante dos temporadas al momento de cosecha y salida de conservación (luego de 180 días de conservación a 0,5 °C).

Temporada	Tratamiento	Cobertura (%)	Color de fondo (Hue)	Luminosidad (L*)	Peso (g)	Calibre (mm)
Temporada I**						
Cosecha	Testigo	34 a	120 a	56 a	152 a	65 a
	Malla	38 a	120 a	55 a	152 a	66 a
Salida de conservación	Testigo	46 a	99 a	67 a	-	-
	Malla	45 a	98 a	69 a	-	-
Temporada II**						
Cosecha	Testigo	39 a	122 a	56 a	140 b	65 a
	Malla	35 a	119 a	57 a	157 a	63 a
Salida de conservación	Testigo	36 a	102 a	67 a	-	-
	Malla	33 a	102 a	67 a	-	-

**Las letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para cada tiempo de muestreo en un test de Tukey ($\alpha=0,05$).

La firmeza y el contenido de SST no mostraron diferencias entre tratamientos ni al momento de la cosecha ni al final de periodo de almacenamiento. La pérdida de firmeza durante la conservación frigorífica fue similar en ambos tratamientos (Tabla 2). La acidez fue superior en los frutos Testigo en la temporada I, pero no se detectaron

diferencias entre frutos Testigo y con Malla para la segunda temporada. En síntesis, los resultados mostraron que el empleo de mallas antigranizo no provocó cambios consistentes en la calidad a cosecha ni luego del almacenamiento frigorífico en peras cv. Forelle.

Tabla 2: Firmeza, sólidos solubles totales (SST) y acidez titulable (AT) de pera cv. Forelle Testigo o producida con Malla antigranizo mixta durante dos temporadas al momento de cosecha y salida de conservación (luego de 180 días de conservación a 0,5 °C).

Temporada	Tratamiento	Firmeza (lb.cm ⁻²)	SST (%)	AT (g.l ⁻¹)
Temporada I**				
Cosecha	Testigo	17 a	14 a	3 a
	Malla	17 a	13 a	3 a
180 días	Testigo	11 a	15 a	3 a
	Malla	10 a	15 a	2 a
Temporada II**				
Cosecha	Testigo	18 a	12 a	4 a
	Malla	17 a	12 a	3 b
Salida de conservación	Testigo	15 a	14 a	3 a
	Malla	14 a	14 a	3 a

**Las letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para cada tiempo de muestreo en un test de Tukey ($\alpha=0,05$).

Pardeamiento de la piel durante la conservación

El cultivo bajo malla provocó un incremento significativo en la incidencia de pardeamiento de la piel en la temporada I (Figura 1A). En la temporada II no se observaron diferencias entre tratamientos. Por su parte, para ambos periodos productivos se detectó un aumento en la severidad del pardeamiento de la piel. Así, en la Temporada I, la fruta producida bajo Malla presentó mayor número de frutos con pardeamiento de la piel y con mayor severidad, presentado daños de grado 2 y 3. El segundo año evaluado el 15 % de la fruta bajo Malla presentó pardeamiento grado 1, el 36,7 % grado 2, el 35 % grado 3 y el 10 % grado 4. En la misma fecha la fruta del Testigo presentó 48,3 % de oxidación grado 1, 28,3 % grado 2 y 15 % grado 3, sin presentar severidad de grado 4 (Figura 1B).

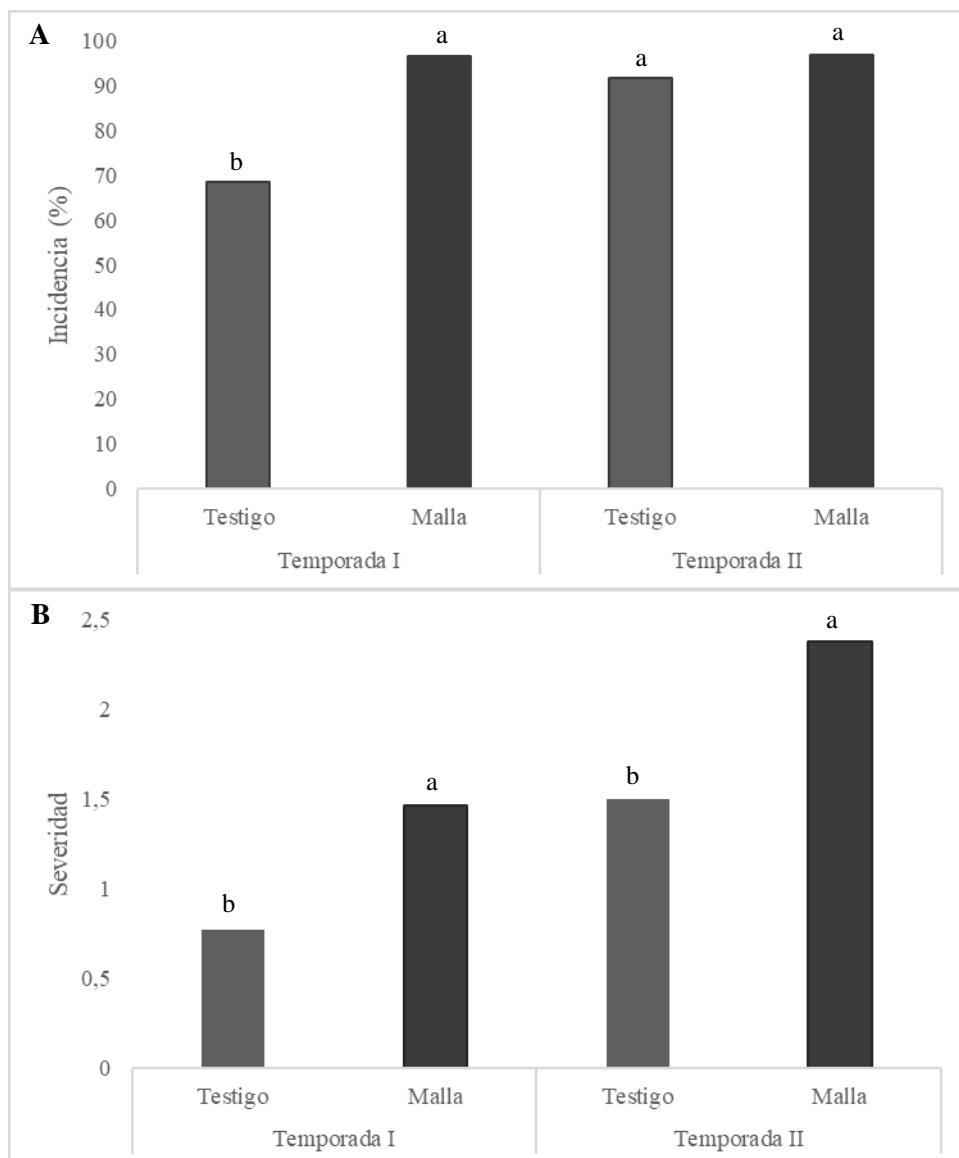


Figura 1: A. Incidencia de pardeamiento de la piel y B. severidad de pardeamiento de la piel en pera cv. Forelle Testigo o producida con Malla antigranizo mixta durante dos temporadas luego de 180 días de conservación a 0,5°C. Las letras distintas indican diferencias significativas entre grados de severidad en un test de Tukey ($\alpha=0,05$).

Alfa farnesenos (AF) y trienos conjugados (TC)

Los AF se incrementaron desde el inicio del almacenamiento. en la temporada I. El pico de AF se alcanzó a los 60 días, mientras que en la temporada II este pico se produjo a los 90 días. Para la temporada I, el pico fue de 20,7 nmol/cm² en el Testigo y de 22,1 nmol/cm² en frutos bajo malla. En la temporada II la concentración fue 32,8 nmol/cm² para el Testigo y 27,7 nmol/cm² para frutos bajo malla. La dinámica de acumulación de AF no difirió significativamente entre tratamientos en ninguna de las temporadas (Figura 2 A y B). La concentración de TC comenzó a aumentar entre los 30 y 60 días. En el caso de los TC, ambas temporadas presentaron el pico de concentración luego de 120 días de conservación (Figura 3 A y B). En la temporada I el Testigo alcanzó valores de 1,2 nmol/cm² y la Malla valores de 0,9 nmol/cm². En la temporada II el Testigo

alcanzó valores de 1,8 nmol/cm² y la Malla valores de 1,3 nmol/cm². El nivel de TC no mostró una clara asociación con el grado de oxidación de la piel.

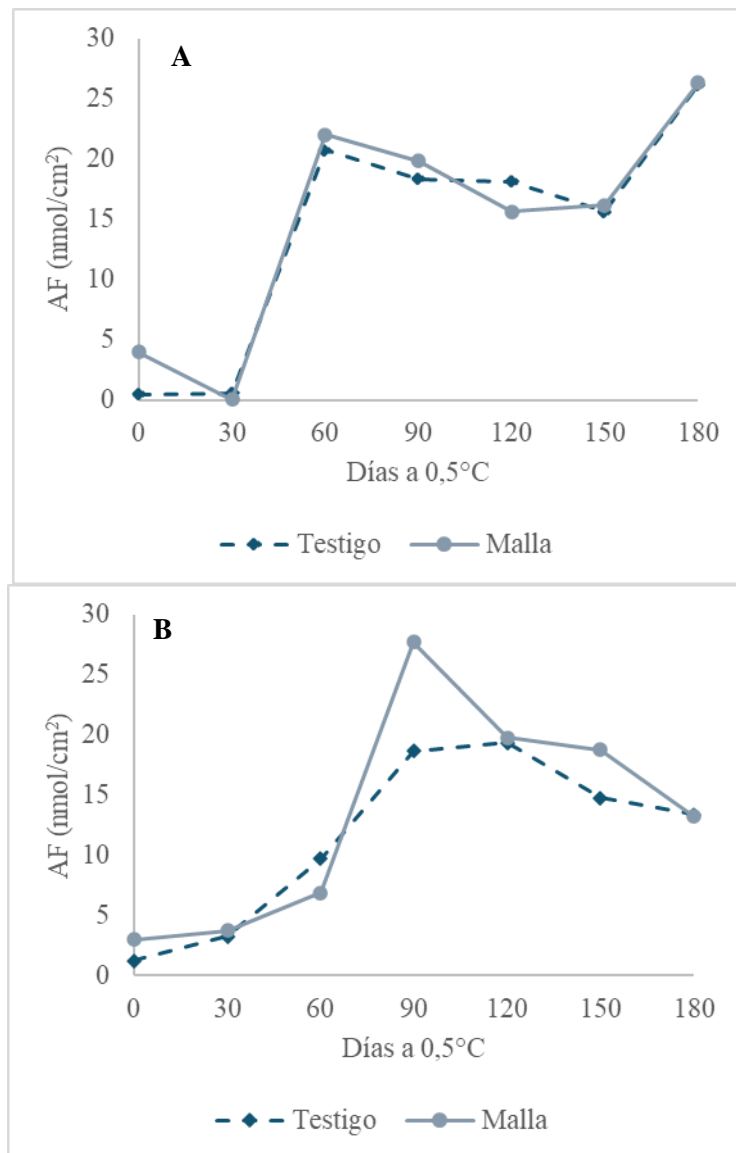


Figura 2: Alfa farnesenos (AF) en pera cv. Forelle Testigo o producida con Malla antigranizo durante dos temporadas (A temporada I, B temporada II) medidos cada 30 días desde cosecha hasta 180 días de conservación a 0,5 °C.

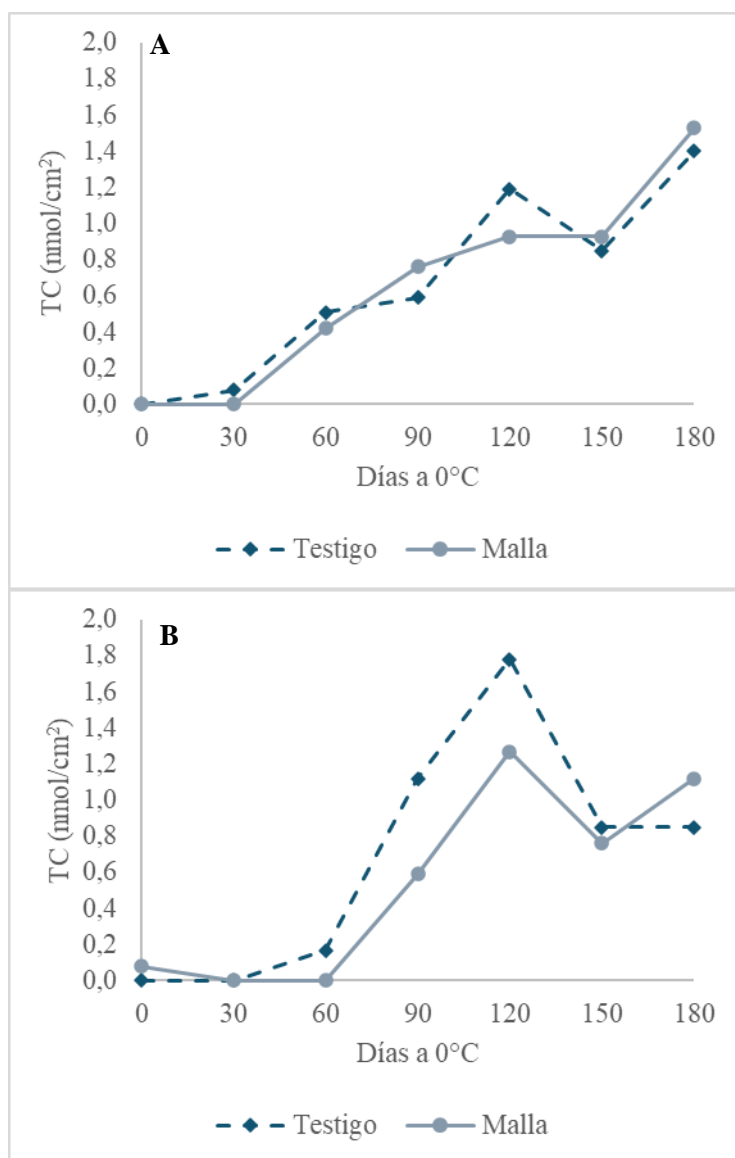


Figura 3: Trienos conjugados (TC) en pera cv. Forelle Testigo o producida con Malla antigranizo durante dos temporadas (A temporada I, B temporada II) medidos cada 30 días desde cosecha hasta 180 días de conservación a 0,5 °C.

DISCUSIÓN

Madurez a cosecha y luego del almacenamiento refrigerado

La fruta cultivada bajo Malla no mostró diferencia en el porcentaje de color de cobertura respecto al Testigo. Este resultado difiere del informado para manzana cv. Pink Lady, variedad en la que la producción bajo malla negra redujo la coloración (Raffo et al., 2015). Estas diferencias pueden relacionarse con los diferentes genotipos analizados. También otros factores ambientales que afectan la coloración general de la fruta, como la temperatura, pueden afectar el efecto de las mallas en el desarrollo de color (Iglesias y Alegre, 2006). Durante el almacenamiento, se observaron cambios en el color, pérdida de color verde y un aumento de la luminosidad indicando un progreso de la maduración, pero sin diferencias entre tratamientos.

La firmeza no presentó diferencias los tratamientos ni al momento de cosecha ni a la salida de conservación. Este resultado es similar al descrito por Iglesias y Alegre (2006) en manzana cv. Mondial Gala difiere de informado por Raffo et al. (2011, 2015) quienes hallaron que la firmeza puede ser reducida con algunos tipos de malla. En este ensayo si bien las peras del tratamiento malla recibieron menores niveles de radiación que las del testigo (datos no mostrados), los frutos estuvieron expuestos a la radiación necesaria para su desarrollo, debido el uso de un portainjerto enanizante como el Sydo® con un follaje y crecimiento reducido, evitando los sombreos excesivos.

La concentración de sólidos solubles no presentó diferencias significativas entre tratamientos en el presente estudio. Los sólidos solubles son componentes determinantes del sabor de la fruta y el sombreado podría reducir su acumulación (Hamadziripi et al., 2014). Se sabe que los factores ambientales pueden modificar la acidez de los frutos (Mupambi et al., 2018). En tal sentido, podría esperarse alguna modificación en este atributo de calidad como consecuencia del empleo de mallas. Estudios previos encontraron resultados similares entre sí. Hamadziripi et al. (2014) observaron en manzana que el uso de mallas resultó en frutos más ácidos y coincide con el trabajo realizado por Iglesias y Alegre (2006), quienes hallaron grandes modificaciones en la acidez ocasionadas por el empleo de mallas. Sin embargo, la acidez titulable, sólo fue diferente en la cosecha de la temporada II. En esa temporada la fruta cultivada bajo Malla mostró menor acidez que el Testigo.

Pardeamiento de la piel y dinámica de alfa farneseno (AF) y trienos conjugados (TC)

Los frutos provenientes de las plantas bajo Malla mostraron una tendencia a presentar mayor pardeamiento de la piel durante el almacenamiento refrigerado. A su vez, la incidencia de pardeamiento de piel fue superior en los frutos bajo Malla a la de los Testigo en el primer año. Por otra parte, en ambas temporadas la severidad de este daño en los frutos producidos del tratamiento Malla fue más elevada. Zhao et al. (2016) proponen, que en peras cv. Beurré D´anjou, coloreadas y expuestas a la radiación solar, se produce menor desarrollo de escaldado superficial. Esto se debe a que la exposición a la luz genera mayores concentraciones de antioxidantes. En manzana cv. Granny Smith la oxidación en la piel de frutos cultivados bajo malla antigranizo fue superior a la de los Testigo (Vuković et al., 2020). Desórdenes que causan pardeamiento en la epidermis como la escaldadura superficial han sido asociados con un incremento en la producción de alfa farnesenos y con su posterior oxidación a trienos conjugados, procesos en los que participa el etileno (Calvo et al., 2015). En el presente ensayo, la concentración de TC no fue mayor en los frutos con mayor pardeamiento de la piel. Las causas de pardeamiento implican procesos de mayor complejidad que los niveles en estado estacionario de AF y TC. Por ejemplo, el equilibrio antioxidante de la piel puede ser un factor de gran relevancia. Así, en peras cv. Beurré D´Anjou coloreadas y ricas en antocianos la incidencia de escaldado superficial fue inferior que en variedades no coloreadas (Zhao et al., 2016). Resultaría de interés caracterizar en detalle cómo la presencia de malla modula los mecanismos antioxidantes de los frutos. Algunos estudios han informado que la radiación, particularmente la UV, puede estimular la biosíntesis de antioxidantes de naturaleza fenólica. En estudios realizados en manzanas cv. Royal Gala bajo diferentes tipos de cobertores, aquellos que permitieron el paso de la radiación UV-B dieron lugar a frutos con mayor concentración de antocianinas (Henry-Kirk et al., 2017). Del mismo modo, la biosíntesis del ácido ascórbico en frutos se ha asociado con una mayor intercepción de luz. En manzanas cv. Granny Smith,

Hernández et al, (2014) reportan que los frutos que crecieron expuestos a la radiación y los levemente asoleados, presentaron mayores concentraciones de ácido ascórbico que aquellos que crecieron en la parte interna de la canopia. Por otra parte, más allá de los metabolitos antioxidantes, es conocido que la capacidad de detoxificación de radicales libres de los tejidos vegetales dependen además de una batería de enzimas capaces de neutralizar especies reactivas de oxígeno, como el anión superóxido, peróxido de hidrogeno, entre otras. Por ejemplo, en peras cv. Beurré D'Anjou los frutos expuestos a una elevada radiación solar presentaron mayores actividades de la enzima catalasa, que los frutos que crecieron del lado sombreado y dentro de bolsas (Zhao et al., 2016). Elucidar en detalle los mecanismos por los cuales el empleo de malla modula el comportamiento postcosecha en frío requiere de mayores estudios. Independientemente de esto, los resultados del presente trabajo muestran que el uso de malla antigranizo no afectó marcadamente la calidad de los frutos a cosecha, pero incrementó la susceptibilidad a fisiopatías que ocasionan el pardeamiento de la piel.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se estudió el efecto de las mallas antigranizo en la madurez y calidad a cosecha y luego del almacenamiento, así como en la incidencia de desórdenes en pera cv. Forelle. Los resultados muestran que la malla empleada no afectó marcadamente el color, el porcentaje de cobertura roja, la firmeza, la concentración de sólidos solubles ni la acidez titulable. El empleo de malla antigranizo incrementó la susceptibilidad de los frutos al pardeamiento de la piel durante la conservación en frío. El grado de daño en la piel durante el almacenamiento no mostró correlación con la dinámica de los alfa-farnesenos o los trienos conjugados indicando que otros fenómenos más allá de la acumulación de estos metabolitos serían determinantes del nivel de daño de la piel de pera cv. Forelle.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y a CONICET por el financiamiento y las instalaciones disponibles para este estudio. Agradecemos a los equipos de trabajo del grupo de Manejo de Cultivos Intensivos de la EEA Alto Valle de INTA y al grupo de trabajo del Instituto LIPA de CONICET en La Plata.

REFERENCIAS

- Anet, E. F. L. J. (1972). Superficial scald, a functional disorder of stored apples M. Effect of maturity and ventilation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 23, 763-769.
- Brglez Sever, M., Tojnko, S. y Unuk, T. (2015). Impact of various types of anti-hail nets on light exposure in orchards and quality parameters of apples - a review. *Agricultura*, 12(1-2), 25-31. <https://doi.org/10.1515/agricultura-2016-0004>
- Calvo, G. y Candán, A. P. (2013). *Guía para la identificación de fisiopatías en manzanas y peras*. Ediciones INTA.
- Calvo, G. (2016). *El escaldado superficial en pera "Beurré d'Anjou": etiología y desarrollo de sistemas de control* [Tesis de Doctorado, Universidad de Buenos Aires]. <http://ri.agro.uba.ar/greenstone3/library/collection/tesis/document/2016calvogabriela>

- Calvo, G., Candán, A. P., Civello, M. y Giné-Bordonaba, J. (2015). An insight into the role of fruit maturity at harvest on superficial scald development in 'Beurré D'Anjou' pear. *Scientia Horticulturae*, 192, 173-179. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.05.032>
- Hamadziripi, E., Muller, M., Theron, K. I. y Steyn, W. J. (2014). Apple compositional and peel color differences resulting from canopy microclimate affect consumer preference for eating quality and appearance. *HortScience*, 49(3), 384-392. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.3.384>
- Henry-Kirk, R. A., Plunkett, B. Hall, M., McGhie, T., Allan, A.C., Wargent, J. J. y Espley, R. V. (2017). Solar UV light regulates flavonoid metabolism in apple (*Malus x domestica*). *Plant, Cell & Environment*, 41, 675-688. <https://doi.org/10.1111/pce.13125>
- Hernández, O., Torres, C., Moya-León, M. A., Opazo, M. C. y Razmilic, I. (2014). Roles of the ascorbate–glutathione cycle, pigments and phenolics in postharvest 'sunscald' development on 'Granny Smith' apples (*Malus domestica* Borkh.). *Postharvest Biology and Technology*, 87, 79-87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.08.003>
- Iglesias, I. y Alegre, S. (2006). The effect of anti-hail nets on fruit protection, radiation, temperature, quality and profitability of 'Mondial Gala' apples. *Journal of Applied Horticulture*, 8(2), 91-100. <http://dx.doi.org/10.37855/jah.2006.v08i02.22>
- Mupambi, G., Anthony, B. M., Layne, D. R., Musachi, S., Serra, S., Schmidt, T. y Kalcsits, L. A. (2018). The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple: a review. *Scientia Horticulturae*, 236, 60-72. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.014>
- Raffo, M. D., Cortona, A., Curetti, M., Menni, F., De Angelis, V. (2015). Empleo de mallas antigranizo para el control de asoleado en manzanas (*Malus domestica* Borkh) en el Alto Valle de Rio Negro. *Horticultura Argentina*, 34(83).
- Raffo, M. D., Ponce, A., Sozzi, G., Vicente, A. y Stortz, C. (2011). Compositional changes in Bartlett pears (*Pyrus communis* L.) cell wall polysaccharides as affected by sunlight conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 12155-12162. <http://dx.doi.org/10.1021/jf203950d>
- Rodriguez, A. y Muñoz, A. (2022). *Variabilidad Agroclimática en el Alto Valle de Rio Negro y Neuquén. Análisis de los últimos 50 años*. Ediciones INTA.
- Vukovic, M., Buhin, J., Brhljča, M., Jatoi, M.A. y Jemrić, T. (2020). Postharvest quality of 'Granny Smith' apple grown under photo-selective red net. *Journal of Central European Agriculture*, 21(1), 124-128. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/21.1.2777>
- Whitaker, B. D. (2004). Oxidative Stress and superficial scald on apple fruit. *Horticulture Science*, 39(5), 933-937. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.39.5.933>
- Zhao, J., Xie, X., Shen, X. y Wang, Y. (2016). Effect of sunlight-exposure on antioxidants and antioxidant enzyme activities in 'd'Anjou' pear in relation to superficial scald development. *Food Chemistry*, 210, 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.045>