

(S9-P185)

## **EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO Y LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE CIRUELAS CV. ‘SUNGOLD’ Y ‘ANGELENO’**

**MARÍA LLANOS NAVARRO-TARAZAGA<sup>(1)</sup>, SILVIA VALENCIA-CHAMORRO<sup>(1)</sup>  
y MARÍA BERNARDITA PÉREZ-GAGO<sup>(1,2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Departamento de Postcosecha, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias  
Carretera Montcada-Naquera Km 5, 46113  
Moncada, Valencia, España, Tel. 34 96 342 4000, Fax 34 96 342 4101

<sup>(2)</sup> [mbperez@ivia.es](mailto:mbperez@ivia.es)

**Palabras clave:** hidroxipropilmetil celulosa – cera de abeja – ácido graso – desórdenes fisiológicos – firmeza – color

### **RESUMEN**

El desarrollo de desórdenes fisiológicos y la pérdida de firmeza limitan la vida útil de las ciruelas en postcosecha. Además, algunos cv. como el ‘Sungold’ muestran una pérdida de calidad comercial debida a cambios en la coloración de la piel. El almacenamiento en frío combinado con el uso de atmósferas modificadas o recubrimientos comestibles reducen la pérdida de calidad de las ciruelas en postcosecha. En el presente trabajo se estudió el efecto de la temperatura y de la aplicación de recubrimientos comestibles en la calidad postcosecha de ciruelas cv. ‘Angelino’ y ‘Sungold’.

La funcionalidad de los recubrimientos comestibles depende, entre otros factores, de su composición. En ciruelas ‘Angelino’ se estudió el efecto del tipo y contenido de ácido graso (AG) del recubrimiento en la calidad poscosecha. Para la formulación de estos recubrimientos se utilizó hidroxipropilmetil celulosa, cera de abeja (CA), glicerol y ácido graso (AG). Los AG estudiados fueron esteárico, palmítico y oleico, y la proporción de CA:AG fue 2:1 y 5:1. Las ciruelas recubiertas y las control se almacenaron 2, 4, 6 y 8 semanas a 1°C, más 1 semana a 5°C, más 5 días a 20°C para su posterior análisis de calidad (CO<sub>2</sub> interno, firmeza y desórdenes fisiológicos).

En las ciruelas ‘Sungold’ se seleccionó la formulación CA:oleico (2:1) y se estudió el efecto de la temperatura de almacenamiento en la calidad. Las ciruelas recubiertas y las control permanecieron 1, 2, 3 y 4 semanas a 1°C ó a 5°C, más un día a 20°C para su posterior análisis de calidad (color, firmeza y desórdenes fisiológicos).

Las ciruelas ‘Angelino’ recubiertas mostraron un incremento en los niveles de CO<sub>2</sub> interno, mayor retención de firmeza y menor incidencia de bleeding. No se observó un efecto del tipo y contenido de AG de la formulación en los parámetros de calidad estudiados. En ciruelas ‘Sungold’ el almacenamiento a 1°C preservó el color externo del fruto evitando el viraje de color de amarillo a rojo, mantuvo la firmeza de las ciruelas y redujo los desórdenes fisiológicos. El recubrimiento aplicado evitó el viraje de color y redujo la incidencia de daños por frío, pero no retuvo la firmeza de las ciruelas.

Los resultados indican que la combinación de recubrimientos comestibles con un almacenamiento a temperaturas adecuadas pueden prolongar la vida útil de las ciruelas, reduciendo daños fisiológicos, pérdidas de textura y cambios de coloración de la piel.

## EFFECT OF STORAGE TEMPERATURE AND EDIBLE COATINGS ON 'SUNGOLD' AND 'ANGELENO' PLUMS POSTHARVEST QUALITY

**Keywords:** hydroxypropylmethylcellulose – beeswax– fatty acid – physiological disorders - firmness – color

### ABSTRACT

Physiological disorders and softening reduce plum postharvest quality. Several cultivars like 'Sungold' present quality loss due to skin color changes. Cold storage combined with modified atmospheres or edible coatings improve plum postharvest quality. The objective of this work was to study the effect of storage temperature and edible coating application on 'Angeleno' and 'Sungold' plums quality.

Among other factors, edible coating performance depends on coating composition. In this work it was studied the effect of fatty acid type and amount on postharvest quality of 'Angeleno' coated plums. Emulsion coatings consisted on hydroxypropylmethylcellulose, beeswax, glycerol and fatty acid. Stearic, palmitic or oleic acid were studied at two different BW:fatty acid ratios (2:1 and 5:1). Coated and control plums were stored 2, 4, 6 and 8 weeks at 1 °C, plus 1 week at 5 °C, plus 5 days at 20 °C. Plums were analyzed for internal CO<sub>2</sub>, firmness and physiological disorders.

In 'Sungold' plums, it was studied the effect of coating and storage temperature on plums quality. BW:oleic acid (2:1) based coating was selected to be applied to 'Sungold' plums. Coated and control plums remained 1, 2, 3 and 4 weeks at 1 °C or 5 °C, plus 1 day at 20 °C. Plums were analyzed for color, firmness and physiological disorders.

Coatings increased 'Angeleno' plums CO<sub>2</sub> internal level, reduced loss in texture and bleeding. No effect of fatty acid type and content was observed on postharvest quality of 'Angeleno' coated plums. Storage at 1 °C preserved color of 'Sungold' plums avoiding the change from yellow to red color, reduced loss of firmness and physiological disorders. Coating application maintained skin plum color and reduced physiological disorders, without maintaining fruit firmness.

The results indicate that the combination of edible coatings together with appropriate storage temperatures can extend plums shelf life, reducing physiological disorders, texture loss and skin color changes.

### INTRODUCCIÓN

Las ciruelas son sensibles a las bajas temperaturas las cuales causan desórdenes fisiológicos que se manifiestan en la pulpa como pérdida de jugosidad por harinosidad o acorchado, pardeamiento y vitescencia. La sensibilidad de las ciruelas a las bajas temperaturas varía con el cultivar (Crisosto et al., 1999), el estado fisiológico y con distintos factores precosecha como la radiación solar y el aporte de agua y nutrientes (Crisosto et al., 1995, 1997). En general las lesiones por frío se desencadenan a temperaturas que varían entre los 2 y los 8 °C (temperaturas letales). En la mayoría de cultivares ('Blackamber' 'Fortune' y 'Angeleno' entre ellos) la temperatura óptima de almacenamiento para prevenir los daños por frío es 0°C, aunque algunos especialmente sensibles como 'Show time', 'Friar' y 'Howard Sun' pueden desarrollar lesiones por frío incluso a esta temperatura (Ceretta et al 2000; Crisosto y Kader, 2000).

Además de las lesiones por frío, existen otras alteraciones que reducen la calidad postcosecha de las ciruelas. Así el cultivar 'Sungold' presenta una pérdida de calidad por

cambios en la coloración de la piel produciéndose un viraje de color de amarillo a rojizo. Otros cultivares como ‘Angelino’, presentan células anejas al hueso que contienen antocianinas o pigmentos rojos que se pueden difundir a lo largo de la pulpa modificando la coloración de la misma y reduciendo la calidad del fruto. Esta pigmentación roja de la pulpa o “bleeding” se atribuye a los procesos de maduración y senescencia del fruto y se puede prevenir con el uso de atmósferas controladas (Laurie et al., 1992; Retamales et al., 1992).

A los procesos de deterioro descritos se suma la pérdida de firmeza que experimentan las ciruelas durante el almacenamiento postcosecha que limita considerablemente la vida útil de las mismas y que se puede reducir con el uso de atmósferas modificadas y controladas (Couey, 1960, 1965; Ben y Gaweda, 1992; Smith, 1967).

Los recubrimientos comestibles aplicados a frutas permiten controlar la respiración y senescencia de forma similar a las atmósferas modificadas (Banks et al., 1993; Cisneros-Cevallos y Krochta, 2002) que reduce el deterioro del mismo (Smith et al., 1987). Existen algunos trabajos que muestran la efectividad de los recubrimientos comestibles prolongando la vida útil de las ciruelas (Dinamarca et al., 1989; Basiouny and Baldwin, 1997; Pérez-Gago et al., 2003).

El efecto de los recubrimientos en la calidad postcosecha del fruto recubierto depende de las propiedades barrera y mecánicas del recubrimiento, de las características del fruto y de las condiciones de almacenamiento. Las propiedades del recubrimiento dependen asimismo de la composición de las formulaciones, cuyo efecto modificando las características de películas comestibles aisladas (sin aplicar al fruto) ha sido ampliamente estudiado. Entre los factores de composición estudiados se encuentra el tipo y contenido de ácido graso (AG) de la formulación. La polaridad (Gontard et al., 1994; McHugh y Krochta, 1994; Yang y Paulson, 2000), longitud de cadena y grado de saturación (Schultz et al., 1949; Kamper y Fennema, 1984; Koelsch y Labuza, 1992; McHugh y Krochta, 1994), el estado físico (Debeaufort et al., 2000; Quezada-Gallo et al., 2000) y la estructura molecular (Kester y Fennema, 1989 a,b) de los AG condicionan las propiedades funcionales de las películas.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto del tipo y contenido de AG de recubrimientos comestibles en la calidad postcosecha de ciruelas cv. ‘Angelino’ recubiertas; así como el efecto de la temperatura de almacenamiento y de la aplicación de recubrimientos en la calidad postcosecha de ciruelas cv. ‘Sungold’.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la formulación de los recubrimientos se empleó hidroxipropil metilcelulosa, cera de abeja (CA), glicerol y AG. En los recubrimientos comestibles aplicados a ciruela cv. ‘Angelino’ se varió el tipo de AG (ácido esteárico, ácido palmítico y ácido oleico) y la proporción CA:AG (2:1 y 5:1) (tabla1). A las ciruelas cv. ‘Sungold’ se aplicó el recubrimiento con ácido oleico en la proporción 2:1.

Las ciruelas ‘Angelino’ se seleccionaron por tamaño y ausencia de lesiones y se dividieron en 8 lotes homogéneos: 6 para la aplicación de recubrimientos, 1 para el control lavado sin recubrir (control-lavadas) y 1 para el control sin lavado ni recubrimiento (control-sin recubrir). Los recubrimientos se aplicaron por inmersión del fruto durante 90 s y las ciruelas control-lavadas se sumergieron en agua durante 90 s. Las ciruelas recubiertas y las control se pasaron por un túnel de secado a 45-50 °C durante 2 min y 30 s y se almacenaron 2, 4, 6 y 8 semanas a 1 °C, más 1 semana a 5 °C, mas 5 días a 20 °C para su posterior análisis.

Las ciruelas ‘Sungold’ se seleccionaron por tamaño y ausencia de lesiones y se dividieron en 6 lotes homogéneos: 2 para la aplicación del recubrimiento CA:oleico (2:1), 2 para el control lavado sin recubrir (control-lavadas) y 2 para el control sin lavado ni recubrimiento (control-sin recubrir). Los recubrimientos se aplicaron por inmersión del fruto

durante 90 s y las ciruelas control-lavadas se sumergieron en agua durante 90 s. Las ciruelas recubiertas y las control se pasaron por un túnel de secado a 45-50 °C durante 2 min y 30 s. Posteriormente, un lote de cada tratamiento se almacenó a 1 °C ó 5 °C durante 1, 2, 3 y 4 semanas, más 1 día a 20 °C para su posterior análisis.

El contenido de CO<sub>2</sub> interno se determinó por cromatografía gaseosa, analizándose 10 frutos por tratamiento. La muestra se obtuvo según el método de extracción por vacío descrito por Saltveit (1982). Para ello se colocó el fruto en un recipiente cerrado lleno de agua previamente desgasificada. Tras colocar un embudo invertido sobre el fruto se aplicó vacío para extraer el aire interno de la ciruela. Una muestra de 1 mL tomada del espacio de cabeza formado en el cuello del embudo se inyectó en un cromatógrafo de gases (Modelo Trace; Thermo Fisher Scientific, Inc., Waltham, MA, USA) equipado con detector de termoconductividad y columna Poropak QS 80/100 (1,2 X 0.32 cm). Las temperaturas fueron: 125 °C, 35 °C y 180 °C para el inyector, el horno y el detector respectivamente. Se utilizó Helio como gas portador con un caudal de 22 mL min<sup>-1</sup>. El resultado se expresó en porcentaje de CO<sub>2</sub> interno.

La firmeza se determinó como la fuerza máxima, en Newtons (N), para penetrar la pulpa de la ciruela. Se determinó en lotes de 20 frutos por tratamiento haciéndose dos medidas por fruto en sendas caras de la zona ecuatorial. Las medidas se hicieron en la pulpa de las ciruelas eliminando la piel del fruto antes de la medida. Para el análisis se utilizó un Instron Universal Testing Machine (Modelo 3343; Instron Corp., Canton, MA, U.S.A.) y un punzón de 8 mm de diámetro.

Los daños fisiológicos que afectan a las ciruelas se manifiestan en la pulpa y son pigmentación roja, harinosidad, acorchado, pardeamiento y vitrescencia. Para su determinación los frutos se seccionaron por la zona ecuatorial y se hizo una evaluación visual del mesocarpo y del área circundante al hueso. Se analizaron 3 réplicas de 30 frutos por tratamiento. La pigmentación roja, harinosidad y acorchado se evaluó con una escala de 1 a 3 (1= ausencia; 2= moderada; 3= severa). El pardeamiento y vitrescencia se evaluó con una escala de 1 a 6 (1=ausencia, 2=muy ligera, 3=ligera, 4=moderada, afectando menos del 50% de la pulpa; 5=severa, afectando entre 50% y 75% de la pulpa; 6=extrema, afectando más del 75% de la pulpa).

El color se midió en el espacio de color Cielab y se expresó con los parámetros tono, croma y luminosidad. Para su medida se utilizó un colorímetro Minolta CR-300 utilizando el iluminante C y el observador 2°. Se analizaron 3 réplicas de 30 frutos por tratamiento haciéndose dos medidas por fruto en sendas caras de la zona ecuatorial.

El tratamiento estadístico de los resultados se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA). Las diferencias mínimas entre las medias se establecieron a través de intervalos LSD con un nivel de confianza del 95%. Se utilizó el software STATGRAPHICS Plus 4.1 (Manugistics, Inc., Rockville, Maryland, U.S.A.).

## RESULTADOS

### **Efecto del tipo y contenido de ácido graso del recubrimiento en la calidad postcosecha de ciruelas ‘angeleno’**

**Atmósfera interna.** La figura 1 muestra el contenido de CO<sub>2</sub> interno de las ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas, lavadas y control. Las ciruelas recubiertas mostraron mayor contenido de CO<sub>2</sub> interno que los frutos control lo que indica que los recubrimientos modificaron la atmósfera interna del fruto. Aunque existieron diferencias en los niveles de CO<sub>2</sub> en los frutos recubiertos con las distintas formulaciones no se observó una tendencia en función del tipo y contenido de AG para los distintos periodos de almacenamiento ensayados.

Por tanto, a partir de los resultados obtenidos es difícil definir el efecto del tipo y contenido de AG de las formulaciones en la atmósfera interna del fruto. En general, el recubrimiento de CA:ácido palmítico (2:1) fue el que mayor nivel de CO<sub>2</sub> interno proporcionó.

**Firmeza.** En general, los recubrimientos fueron efectivos reduciendo la pérdida de firmeza de las ciruelas. Sin embargo, no se observó un efecto del tipo y contenido de AG en la textura. En general los recubrimientos CA:oleico (2:1) y CA:esteárico (5:1) fueron los más efectivos, reteniendo la firmeza hasta un 11% con respecto a los frutos control (no se muestran datos).

**Desórdenes fisiológicos.** Las ciruelas presentaron desórdenes de la pulpa que se manifestaron como pigmentación roja o “bleeding”, pardeamiento y vitescencia y que, en general, aumentaron al prolongar el almacenamiento. En la mayoría de casos estos desórdenes aparecieron de forma simultánea, lo cual dificultó su cuantificación, especialmente el pardeamiento que se vio enmascarado por la pigmentación roja o “bleeding”. No se observó una pérdida importante de jugosidad por harinosidad o acorchado de la pulpa (no se muestran datos).

Los daños más importantes fueron por “bleeding”, que en algunos tratamientos fueron moderados (figura 2). Los recubrimientos redujeron esta lesión a partir de 4 semanas de frigoconservación. El tipo y contenido de AG del recubrimiento no tuvo un efecto en la incidencia de esta lesión.

Los daños por pardeamiento y vitescencia no fueron importantes siendo ligeros en el peor de los casos (no se muestran datos). En general, no se observaron diferencias en la incidencia de estos desórdenes entre los frutos recubiertos y los control.

### **Efecto de la temperatura de almacenamiento y de la aplicación de recubrimientos comestibles en ciruelas ‘sungold’**

**Color.** Las tablas 2, 3 y 4 muestran los parámetros de color externo (tono, pureza de color y luminosidad) de las ciruelas ‘Sungold’.

El tono de las ciruelas varió con el tiempo y temperatura de almacenamiento y el tratamiento de superficie aplicado (recubrimiento, control-lavado, control-sin recubrir). Al inicio del almacenamiento las ciruelas presentaron una tonalidad amarillo verdosa con un valor de tono medio de 93,99. Al prolongar el almacenamiento el tono disminuyó progresivamente perdiéndose la tonalidad verdosa y alcanzándose un tono amarillo o amarillo-anaranjado según la temperatura de almacenamiento y el tratamiento de superficie aplicado. En todos los periodos de almacenamiento ensayados, las ciruelas almacenadas a 1 °C mostraron mayor tono que las almacenadas a 5 °C y las recubiertas mostraron mayor tono que las control.

El croma (viveza o pureza de color) de las ciruelas varió con el tiempo de almacenamiento, la temperatura y el tratamiento de superficie aplicado. El croma inicial del fruto (40,86) aumentó tras el primer periodo de almacenamiento lo que indica una mayor pureza de color, alcanzándose un color más vivo o menos apagado. La evolución del croma al prolongar el tiempo de almacenamiento varió según la temperatura de almacenamiento y el tratamiento de superficie aplicado. Los frutos almacenados a 5 °C mostraron un descenso progresivo del croma al aumentar el periodo de almacenamiento, mientras que a 1 °C todos los frutos salvo los control-lavados conservaron el croma inicial. Considerando el efecto de los tratamientos de superficie en los valores de croma para cada periodo de almacenamiento, se observó que las ciruelas recubiertas mostraron menores valores de croma que las control-lavadas, y estas menores que las control-sin recubrir.

La luminosidad del fruto varió con el tiempo de almacenamiento, la temperatura y el tratamiento de superficie aplicado. Al inicio del almacenamiento las ciruelas mostraron un valor de luminosidad de 56,1 que varió a lo largo del tiempo de almacenamiento según la temperatura y el tratamiento de superficie aplicado. En general, al prolongar el almacenamiento los frutos almacenados a 5 °C mostraron un descenso progresivo de luminosidad de la piel mientras que los frutos almacenados a 1 °C mantuvieron la luminosidad inicial. El efecto de los tratamientos para un mismo periodo de almacenamiento muestra un descenso de luminosidad de los frutos recubiertos, en todos los periodos de almacenamiento, salvo para 9 días de frigoconservación.

**Firmeza.** La figura 3 muestra la firmeza de las ciruelas ‘Sungold’ que disminuyó con el tiempo de almacenamiento. La temperatura de almacenamiento tuvo un efecto significativo en la firmeza del fruto siendo mayor en los frutos almacenados a 1 °C. El tratamiento de superficie aplicado no tuvo ningún efecto en la firmeza del fruto.

**Desórdenes fisiológicos.** Los daños fisiológicos observados fueron pardeamiento de la pulpa y vitescencia, que se manifestó con la decoloración y exudación de zumo y evolucionó a una gelificación de la pulpa. Los daños empezaron a manifestarse a partir de 2 semanas en frigoconservación y fueron más acusados en los frutos almacenados a 5 °C (figura 4). El recubrimiento aplicado resultó efectivo reduciendo los daños a partir de 3 semanas de almacenamiento a 5 °C.

## DISCUSIÓN

### **Efecto del tipo y contenido de ácido graso del recubrimiento en la calidad postcosecha de ciruelas ‘angeleno’**

En nuestra experiencia las ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas mostraron una modificación de la atmósfera interna que se manifestó con un incremento en los niveles de CO<sub>2</sub> interno. Las ciruelas recubiertas también mostraron mayor retención de firmeza y menor incidencia de “bleeding”. No se observó un efecto de los recubrimientos en la incidencia de desórdenes por bajas temperaturas de almacenamiento (pardeamiento de la pulpa y vitescencia). El tipo y contenido de AG de la formulación no afectó la calidad de las ciruelas ‘Angeleno’.

La retención de firmeza observada en las ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas se puede atribuir a la modificación de la atmósfera interna inducida por los recubrimientos. Según Banks et al. (1993) y Cisneros-Cevallos y Krochta (2002) los recubrimientos comestibles permiten controlar la respiración y senescencia de forma similar a las atmósferas modificadas creando una modificación de la atmósfera interna del fruto que reduce el deterioro del mismo (Smith et al., 1987).

La lesión por “bleeding” consiste en una deslocalización de los pigmentos por pérdida de la integridad celular. Se atribuye la senescencia del fruto correlacionándose inversamente con el contenido de ácidos orgánicos del tejido (Lurie y Crisosto, 2005) y previniéndose con las atmósferas controladas (Laurie et al., 1992; Retamales et al., 1992). Por tanto, el efecto de los recubrimientos reduciendo la incidencia de esta lesión pudo ser debido a la modificación de la atmósfera interna inducida por los recubrimientos y a la retención de firmeza.

La incidencia de desórdenes asociados a bajas temperaturas de almacenamiento (pardeamiento y vitescencia de la pulpa) fue mínima y no se observó un efecto de los recubrimientos reduciendo los mismos. Los daños por frío se manifiestan tras un periodo de acondicionamiento del fruto a temperaturas en torno a los 20 °C. En nuestra experiencia el periodo de almacenamiento a 20 °C fue de 5 días y es probable que fuera insuficiente para la

manifestación de los daños y, por tanto, para encontrar diferencias entre los tratamientos. Pérez-Gago et al. (2003) observaron un bajo índice de daños por frío en ciruelas ‘Otoño Gigante’ almacenadas 3 días a temperaturas no óptimas de conservación (5 °C) seguido de 1 día a 20 °C, sin observar diferencias significativas entre ciruelas recubiertas y control. Sin embargo, al prolongar el almacenamiento a 20 °C hasta 25 días los daños por frío se hicieron más acusados observándose una reducción significativa de los mismos en los frutos recubiertos respecto a los control sin recubrir.

No se observó un efecto del tipo y contenido de AG de las formulaciones en la calidad postcosecha de las ciruelas. Los ácidos grasos utilizados en nuestras formulaciones varían en cuanto a longitud de cadena, polaridad, grado de saturación y estado físico. Distintos trabajos muestran el efecto de estos parámetros modificando las propiedades funcionales de películas comestibles preformadas en placas (Schultz et al., 1949; Kamper y Fennema, 1984; Koelsch y Labuza, 1992; Gontard et al., 1994; McHugh y Krochta, 1994; Debeaufort et al., 2000; Quezada-Gallo et al.; 2000; Yang y Paulson, 2000). Sin embargo, en la calidad postcosecha de los frutos recubiertos, además de las propiedades de la película de recubrimiento intervienen otros factores como las características del fruto y las condiciones de almacenamiento. Por tanto, no siempre las modificaciones de composición que afectan las propiedades funcionales de las películas comestibles aisladas afectan la calidad postcosecha de las frutas recubiertas como sucede en nuestra experiencia con ciruelas ‘Angeleno’.

#### **Efecto de la temperatura de almacenamiento y de la aplicación de recubrimientos comestibles en ciruelas ‘sungold’**

El almacenamiento a 1 °C preservó el color externo del fruto manteniendo los parámetros de color tono, croma y luminosidad, mantuvo la firmeza del las ciruelas y redujo los desórdenes fisiológicos. El recubrimiento aplicado evitó la reducción del tono, pero no mantuvo el croma y la luminosidad, no redujo la pérdida de firmeza, pero sí la incidencia de daños por frío.

El cambio de coloración de las ciruelas ‘Sungold’ se caracteriza por una variación en el tono del fruto desde un tono amarillo hasta un tono rojizo. Según McGuire (1992) y Shewfelt (1993) el tono es el parámetro que mejor representa esta variación de color de los frutos. El almacenamiento a 1 °C y el recubrimiento aplicado preservaron el tono del fruto evitando el viraje característico de amarillo a rojizo que reduce la calidad postcosecha de las ciruelas ‘Sungold’ y podría estar relacionado con un retraso en la madurez y senescencia de las ciruelas. Según Sumnu y Bayindirli (1995) el tono es un indicador de la madurez de frutos de hueso como los albaricoques. Además estos autores observaron que la aplicación de recubrimientos a base de derivados de celulosa y sucroésteres de ácidos grasos (Semprefresh) retrasaba la madurez de los frutos y proporcionaba mayores valores de tono.

El almacenamiento a 1 °C también proporcionó mayores valores de croma y luminosidad que el almacenamiento a 5 °C, lo que supone una mayor pureza o viveza del color y una mayor claridad.

Se observó una mayor incidencia de daños por frío en las ciruelas almacenadas a 5 °C lo que indica que esta temperatura es letal para las ciruelas cv. ‘Sungold’ y que 1 °C es una temperatura de almacenamiento aconsejable, como sucede en la mayoría de cultivares de ciruela (Crisosto y Kader, 2000, Ceretta et al., 2000).

El efecto de los recubrimientos reduciendo la incidencia de daños por frío pudo ser debido a una modificación de la atmósfera interna del fruto cuyo efecto ha sido observado en otros cultivares de ciruela (Wang y Vestheim, 2003). Otros trabajos como el de Pérez-Gago et al. (2003) muestran la efectividad de los recubrimientos comestibles reduciendo la incidencia de daños por frío en ciruelas.

La retención de firmeza de las ciruelas almacenadas a 1 °C respecto a las almacenadas

a 5 °C pudo estar relacionada con la reducción de los desórdenes fisiológicos que afectan a la firmeza de la pulpa. En nuestra experiencia con ciruelas ‘Sungold’ la lesión por vitescencia fue mayor en las ciruelas almacenadas a 5 °C y se manifestó con una despigmentación, exudación de agua y gelificación de la pulpa afectando a la consistencia o firmeza de la misma.

### CONCLUSIONES

La aplicación de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetil celulosa y cera de abeja redujo los desórdenes fisiológicos y la pérdida de firmeza de las ciruelas ‘Angelino’ y el cambio de color de amarillo a rojizo y los desórdenes fisiológicos de las ciruelas ‘Sungold’.

Las modificaciones del tipo y contenido de AG ensayadas en el presente trabajo no modifican el comportamiento de los recubrimientos comestibles a base de HPMC:CA aplicados a ciruelas ‘Angelino’.

La temperatura de almacenamiento de las ciruelas cv. ‘Sungold’ es decisiva para controlar el desarrollo de daños por frío siendo 1 °C una temperatura aconsejable para reducir los mismos. El almacenamiento a 1 °C y la aplicación del recubrimiento CA:oleico (2:1) evita el viraje de color de amarillo a rojo que reduce la calidad postcosecha de las ciruelas ‘Sungold’.

### AGRADECIMENTOS

Esta investigación fue financiada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología Español a través del proyecto AGL 202-00560. M<sup>a</sup> Llanos Navarro Tarazaga fue además becada por este Ministerio.

### BIBLIOGRAFÍA

- Baldwin, E. A. 1994. Edible coatings for fresh fruits and vegetables: past, present and future. In: J.M. Krochta; E.A Baldwin; Nisperos-Carriedo M (eds.). Edible coatings and films to improve food quality. Technomic Publishing Co. 24 – 64 pp.
- Banks, N. H. Dadzie., B.K.; Cleland, D.J. 1993. Reducing gas exchange of fruits with surface coatings. *Postharvest Biology and Technology*. 3: 269-284.
- Basiouny, F. M.; Baldwin, E.A. 1997. The use of liquid coating compounds as postharvest application to plum fruits. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 110: 219-222.
- Ben, J.; Gaweda, M. 1992. The effect of increasing concentration of carbon dioxide in controlled atmosphere storage of plums cv. Wegierka Zwyka. *Acta Physiol. Plant.* 14: 143-158.
- Couey, H.M. 1960. Effect of temperature and modified atmosphere on storage life, ripening behaviour and dessert quality of ‘El Dorado’ plums. *Proc. Amer. Soc. Hort Sci.* 75: 207-215.
- Couey, H.M. 1965. Modified atmosphere storage of ‘Nubiana’ plums. *Proc. Amer. Soc. Sci.* 86: 166-168.
- Cisneros-Zevallos, L.; Krochta, J.M. 2002. Internal modified atmospheres of coated fresh fruits and vegetables: understanding relative humidity effects. *Journal of Food Science* 67(8): 2792-2797.
- Crisosto, C.H., Mitchell, F.G., Johnson, R.S. 1995. Factors in fresh market stone fruit quality. *Postharvest News Inform.* 5: 17-21.



- Crisosto, C.H., Johnston, R.S.; DeJong, T.; Day, K.R. 1997. Orchard factors affecting postharvest stone fruit quality. *HortScience*. 32: 820-823.
- Crisosto, C.H., Gordon, F.; Zhiguo, J. 1999. Susceptibility to chilling injury of peach, nectarine and plum cultivars grown in California. *HortScience*. 34: 1116-1118.
- Crisosto, C.H.; Kader, A.A. 2000. Plum and fresh prune postharvest quality maintenance guidelines. <http://www.uckac.edu/postharv>
- Debeaufort, F.; Quezada-Gallo, J.A.; Delporte, B.; Voilley, A. 2000. Lipid hydrophobicity and physical state effects on the properties of bilayer edible films. *J. Membrane Sci.* 180: 47-55.
- Dinamarca, E.A., Mitchell, F.G., Kader, A.A. 1989. Uso de ésteres de sacarosa como retardadores de maduración de peras y ciruelas. *Rev. Frutícola* 10(3):116-21.
- Gontard, N., Ducheze, C., Cuq, J-L.; Gilbert, S. 1994. Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapor permeability and other physical properties. *Int. J. Food. Sci. Technol.* 29:39-50.
- Kamper, S.L.; Fennema, O. 1984. Water vapor permeability of edible bilayer films. *J. Food Sci.* 49: 1478-1485.
- Kester J.J.; Fennema. 1989. The influence of polymorphic form on oxygen and water transmission through lipid films. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 66:1147-1153.
- Kester, J.J., Fennema, O. 1989. Resistance to water vapor transmission. *J Am. Oil Chem Cos.* 66:1139-1146
- Koelsch, C.M.; Labuza, T.P. 1992. Functional, physical and morphological properties of methyl cellulose and fatty acid-based edible barriers. *Lebensm. Wiss. u. Technol.* 25: 404-411.
- Laurie, S.; Zeidman, Zuthi, M.; Ben Arie, R. 1992. Controlled atmosphere storage to decrease physiological disorders in peaches and nectarines. *Hassadeh* 72: 1118-1122.
- Laurie, S. y Crisosto, C.H. 2005. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biology and Technology* 37: 195-208.
- Martínez-Jávega, J. M. Cuquerella, J.; del Río, M.A.; Navarro, P. 2000. Estado actual de la postcosecha de cítricos. *Agricultura* 807: 862-866.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortSci.* 27(12): 1254-1255.
- McHugh, T. H.; Krochta, J.M. 1994. Water vapor permeability properties of edible whey protein-lipid emulsion films. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 71:307-312.
- Pérez-Gago, M.B.; Rojas, C.; Del Río, M.A. 2003. Effect of Hydroxypropyl Methylcellulose- lipid edible composite coatings on plum (cv. Autumn giant) quality during storage. *Journal of Food Science* 68(3): 879-883.
- Retamales, J.; Cooper, T.; Streif, J.; Kama, J.C. 1992. Preventing cold storage disorders in nectarines. *J. Hort Sci.* 67:619-626.
- Quezada-Gallo, J.A.; Debeaufort, F.; Callegarin, F; Volley, A. 2000. Lipid hydrophobicity, physical state and distribution effects on the properties of emulsion based edible films. *J. Membranae Sci.* 180: 37-46.
- Saltveit, M.E. 1982. Procedures for extracting and analysing internal gas samples from plant-tissues by gas chromatography. *Hortscience.* 17(6): 878-881.
- Sumnu, G.; Bayindirli, L. 1995. Effect of sucrose polyester coating on fruit quality of apricots (*Prunus armeniaca*, L.). *J. Sci. Food. Agric.* 67: 537-540.
- Shewfelt, R.L. 1993. Measuring quality maturity. In: *Postharvest Handling. A systems approach.* R.L. Shewfelt, S.E. Prussia. Academic Press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich.
- Schultz, T.H.; Miers, J.C.; Owens, H.S.; Maclay, W.D. 1949. Permeability of pectinate films to water vapor. *J. Phys. Colloid Chem.* 53:1320-1330.

- Smith, S.; Geeson, J.; Stow, J. 1987. Production of modified atmospheres in delicious fruits by the use of films and coatings. *Hortscience* 24: 145-147.
- Smith, W.H. 1967. The refrigerated storage of Victoria plums in low oxygen atmospheres. *J. Hort. Sci.* 42: 223-230.
- Snowdon, A. 1990. Stone fruits. In: A color atlas of postharvest. Diseases and disorders of fruits and vegetables. Vol1: General introduction and fruits. Wolfe Scientific Ltd. London. 218-237pp.
- Wang, L.; Vestrheim, S. 2003. Controlled atmosphere storage of Norwegian Grown plums (*Prunus domestica L.*). *Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci.* 53: 33-37.
- Yang, L.; Paulson, A.T., 2000. Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. *Food Res. Int.* 33: 571-578.

## TABLAS Y FIGURAS

**Tabla 1:** Composición de los recubrimientos en base seca (%).

Recubrimiento	HPMC	Glicerol	Cera de abeja	Ácido graso
Cera de abeja: ácido graso (2:1)	26.7	13.3	40.0	20.0
Cera de abeja: ácido graso (5:1)	34.7	17.3	40.0	8.0

En todas las formulaciones se mantuvo el porcentaje de sólidos al 4% y la relación HPMC:glicerol 2:1

**Tabla 2:** Tono de ciruelas ‘Sungold’ recubiertas y control almacenadas a 1 °C y 5 °C.

tratamiento	semanas de almacenamiento en frío + 1 día a 20 °C			
	1	2	3	4
1°C- cera:oleico (2:1)	89,99 bc C	89,01 d B	87,36 c A	87,25 e A
1°C- control-lavadas	90,08 c C	87,67 c B	86,14 b A	86,00 d A
1°C- control-sin recubrir	89,47 b C	87,82 c B	87,39 c B	85,50 c A
5°C- cera:oleico (2:1)	88,52 a D	87,70 c C	86,06 b B	84,66 b A
5°C- control-lavadas	88,00 a D	86,12 a C	84,88 a B	84,07 a A
5°C- control-sin recubrir	88,12 a D	86,85 b C	85,23 a B	83,83 a A

Las letras minúsculas indican diferencias significativas de croma entre tratamientos para un mismo periodo de almacenamiento (LSD 5%). Las letras mayúsculas indican diferencias significativas de croma entre periodos de almacenamiento para un mismo tratamiento (LSD 5%).

**Tabla 3:** Croma de ciruelas ‘Sungold’ recubiertas y control almacenadas a 1 °C y 5 °C.

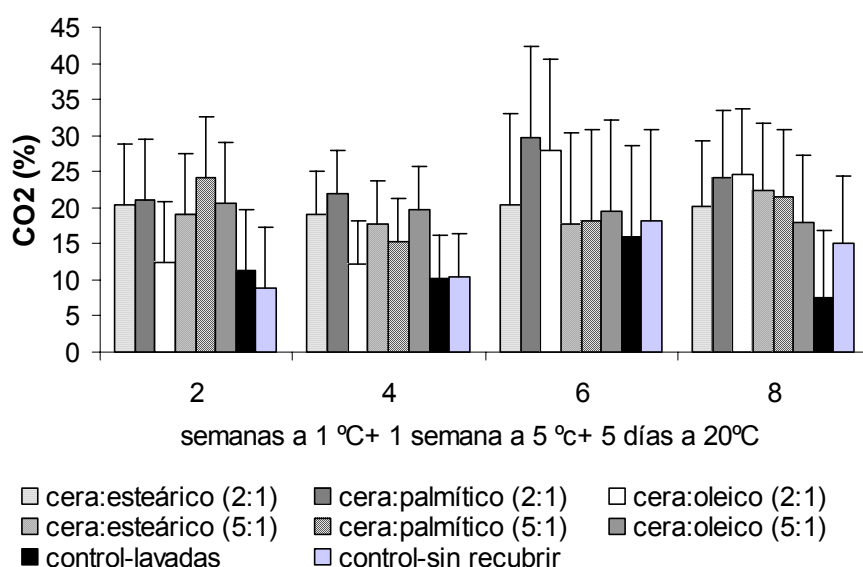
tratamiento	semanas de almacenamiento en frío + 1 día a 20 °C			
	1	2	3	4
1°C- cera:oleico (2:1)	42,58 b A	43,88 d B	42,14 c A	43,32 c B
1°C- control-lavadas	45,00 d C	43,72 d B	42,60 c A	44,81 e C
1°C- control-sin recubrir	44,77 d B	44,68 e B	44,61 d B	44,06 d A
5°C- cera:oleico (2:1)	41,83 a D	38,00 a C	36,28 a B	33,87 a A
5°C- control-lavadas	43,50 c D	39,19 b C	36,17 a B	35,14 b A
5°C- control-sin recubrir	43,48 c D	40,56 c C	37,31 b B	35,60 b A

Las letras minúsculas indican diferencias significativas de croma entre tratamientos para un mismo periodo de almacenamiento (LSD 5%). Las letras mayúsculas indican diferencias significativas de croma entre periodos de almacenamiento para un mismo tratamiento (LSD 5%).

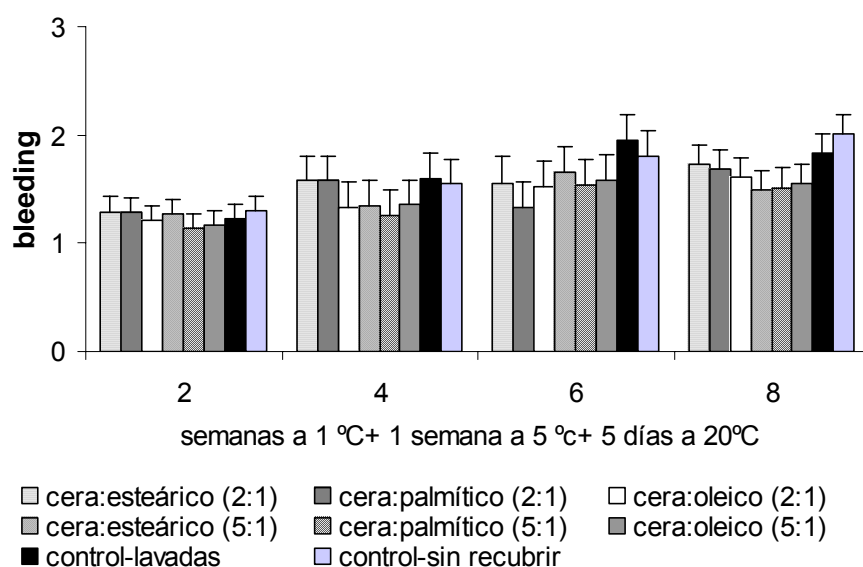
**Tabla 4:** Luminosidad de ciruelas ‘Sungold’ recubiertas y control almacenadas a 1 °C y 5 °C.

tratamiento	semanas de almacenamiento en frío + 1 día a 20 °C			
	1	2	3	4
1°C- cera:oleico (2:1)	57,04 d A	57,48 d B	57,03 b A	57,59 d B
1°C- control-lavadas	56,07 c A	57,51 d C	57,08 b B	59,36 f D
1°C- control-sin recubrir	56,28 c A	57,99 e A	58,21 c A	58,04 e A
5°C- cera:oleico (2:1)	55,64 b D	54,79 a C	53,34 a B	51,44 a A
5°C- control-lavadas	56,14 c C	55,16 b B	53,31 a A	53,18 b A
5°C- control-sin recubrir	54,97 a C	55,80 c D	53,53 a A	54,54 c B

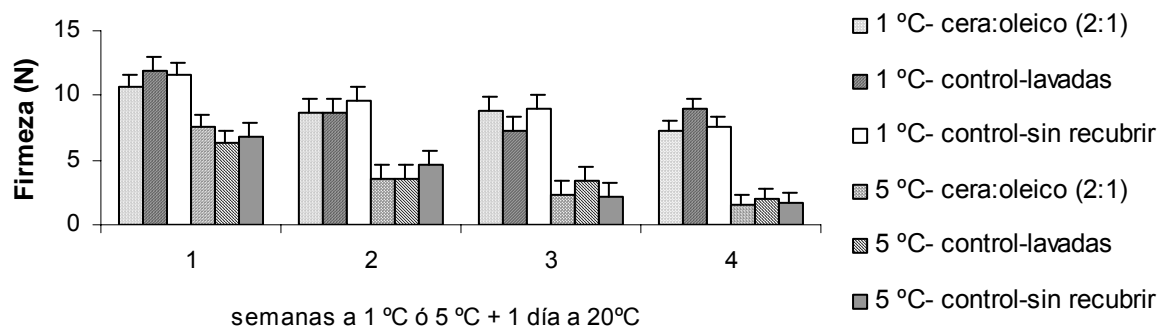
Las letras minúsculas indican diferencias significativas de croma entre tratamientos para un mismo periodo de almacenamiento (LSD 5%). Las letras mayúsculas indican diferencias significativas de croma entre periodos de almacenamiento para un mismo tratamiento (LSD 5%).



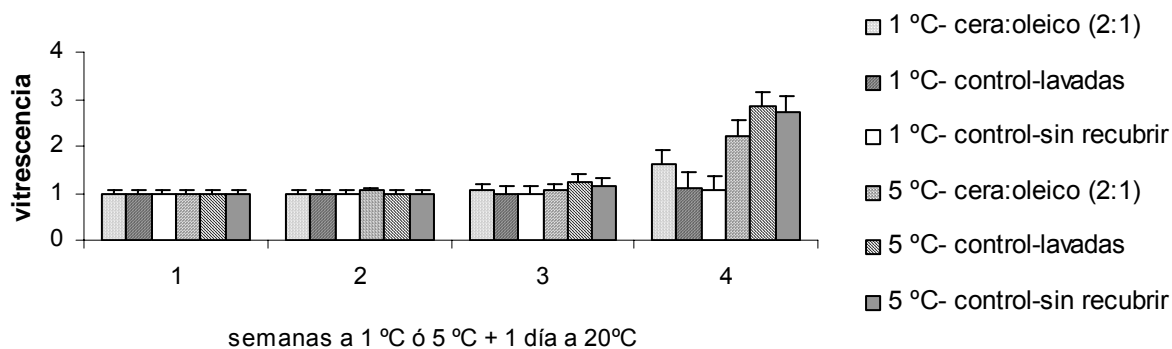
**Figura 1:** Concentración de CO<sub>2</sub> interno de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control. Las barras de error muestran valores de LSD (5%).



**Figura 2:** Daños por bleeding de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control. Las barras de error muestran valores de LSD (5%).



**Figura 3:** Firmeza de ciruelas ‘Sungold’ recubiertas y control almacenadas a 1 °C y 5 °C. Las barras de error muestran valores de LSD (5%).



**Figura 4:** Daños por vitrescencia de ciruelas ‘Sungold’ recubiertas y control almacenadas a 1 °C y 5 °C. Las barras de error muestran valores de LSD (5%).