

(S1-P172)

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE GRANADAS TRATADAS CON UV-C Y ALMACENADAS EN ATMÓSFERA CONTROLADA.

VIOLETA LÓPEZ-RUBIRA⁽¹⁾, FRANCISCO ARTÉS-HERNÁNDEZ⁽²⁾ y FRANCISCO ARTÉS⁽²⁾

⁽¹⁾Frutas Mira Hnos. S.L. Partida Asprillas. Pol. 2. Elche, Alicante. España

⁽²⁾Grupo de Postrecolección y Refrigeración. Departamento de Ingeniería de Alimentos. Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII, 48. 30203 Cartagena, Murcia.

Tfno: 968-32 55 10. Fax: 968-32 54 35. E-mail: fr.artes@upct.es

Palabras clave: *Punica granatum* - atributos de calidad - pérdida de peso - daños por frío

RESUMEN

Se almacenaron granadas (*Punica granatum*, cv. Mollar de Elche) en atmósfera controlada con 5kPa O₂ + 10kPa CO₂ y 20kPa O₂ + 15kPa CO₂ y utilizando aire como testigo. Previo al almacenamiento se aplicó a los frutos un tratamiento con radiación UV-C en dosis de 9,08 kJ m⁻² y 22,7 kJ m⁻². Tras 12 y 21 semanas de almacenamiento a 5°C y 95% HR se simuló las condiciones de comercialización exponiendo los frutos durante 8 días a 20°C y 75% HR. Finalizado el almacenamiento y la comercialización se evaluaron las pérdidas de peso, podredumbres, daños por frío, textura, color externo e interno de los frutos y se estudiaron las características organolépticas de los arilos. Tras 11 semanas de almacenamiento, las pérdidas de peso, podredumbres y daños por frío se redujeron con el almacenamiento en AC, produciéndose un efecto sinérgico con los tratamientos de UV-C utilizados. Tras la subsiguiente comercialización el tratamiento en el que mayores pérdidas de peso y daños por frío se registraron fue en aire y sin UV-C. Los frutos mejor valorados para la mayoría de parámetros por el panel de cata fueron los almacenados bajo 5kPa O₂ + 10kPa CO₂. Al cabo de 21 semanas de almacenamiento, los frutos con menores pérdidas de peso, podredumbres y daños por frío fueron los tratados con UV-C y sometidos a AC. Sin embargo, las granadas tratadas con 20kPa O₂ + 15kPa CO₂, tras 21 semanas de almacenamiento desarrollaron olores y sabores extraños y mayor pardeamiento de los arilos, mostrándose esta concentración de CO₂ perjudicial para la calidad interna del fruto. Para ambas evaluaciones, el almacenamiento en AC no influyó en parámetros de calidad como, pH, SST, acidez y textura de los frutos.

Keywords: *Punica granatum*, Quality parameters, Weight losses, Chilling injuries

ABSTRACT

Pomegranate were stored under controlled atmosphere with 5kPa O₂ + 10kPa CO₂ y 20kPa O₂ + 15kPa CO₂ and using air as control. Before storage, an UV-C treatment was applied to fruits with doses of 9,08 kJ m⁻² and 22,7 kJ m⁻². After 12 and 21 weeks of storage at 5°C y 95% RH, a shelf life of 8 days at 20°C and 75% RH was applied. After storage and shelf life, weight losses, decay, chilling injuries, texture, external and internal color, and organoleptical properties of arils were evaluated. After 11 weeks of storage, weight losses, chilling injuries and decay were reduced with CA treatments. This effect was increased when combined with UV-C treatments. After shelf life, the highest weight losses and chilling injuries were found in air treatments without UV-C. For both evaluating periods no changes

in pH, SSC, and titratable acidity and texture were found. The best scored fruits by the taste panel for most of the studied parameters were those kept at 5kPa O₂ + 10kPa CO₂. After 21 weeks of storage, fruits treated with CA and UV-C showed the lowest weight losses and chilling injuries. Nevertheless, pomegranates stored for 21 weeks under 20kPa O₂ + 15kPa CO₂, developed off-odors and browning of arils being this CO₂ concentration harmful for long term storage of pomegranates.

INTRODUCCIÓN

La producción española de granada (*Punica granatum*) se concentra en Alicante (con el 90%) y Murcia, sobrepasando 3.000 Has y 35.000 t producidas (MAPA, 2004), donde está perfectamente adaptada al clima mediterráneo semiárido. En los últimos años, está aumentando el interés de los mercados por este fruto, debido principalmente a sus potenciales efectos beneficios sobre la salud.

La temporada de recolección de la variedad Mollar de Elche, muy mayoritaria en España, comienza a mediados de septiembre y finaliza alrededor de la primera semana de noviembre. Para suministrar a los mercados durante la mayor parte posible de la temporada se recurre a técnicas de conservación que alarguen la vida útil del fruto más de 2 meses, lo que se consigue almacenándolo a 5°C y 90-95% HR (Artés et al., 1996). Pero la granada, durante su almacenamiento frigorífico es susceptible de sufrir ataques fúngicos por esporas que se depositan en el cáliz y se desarrollan después. Además, es un fruto muy sensible a los daños mecánicos, que suponen una vía de entrada de patógenos oportunistas responsables de su deterioro. Por otro lado, durante su almacenamiento prolongado, la granada sufre daños por frío (escaldadura y/o pardeamiento superficial de la corteza, pardeamiento de las membranas carpelares y en ocasiones pérdida de color de los arilos) cuando se almacenan por debajo de 5°C durante más de 2 meses (Hess-Pierce y Kader, 2003).

Las atmósferas controladas (AC) con distintas composiciones se han mostrado eficaces para reducir las pérdidas de peso, ataques fúngicos y alteraciones fisiológicas durante la conservación de diversas variedades de granada (Artés et al., 1996; Neria et al. 2006; Küpper et al., 1995)

La radiación germicida UV-C con longitudes de onda de 200-280 nm es efectiva en la desinfección de frutos para su almacenamiento (González-Aguilar et al, 2001), o su posterior procesado (Erkan et al., 2001; Marquenie et al., 2002; Allende y Artés, 2003a,b; Yaun et al., 2004) y constituye una alternativa interesante y respetuosa con el medio ambiente para el control de las alteraciones durante el almacenamiento.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos de dos radiaciones UV-C y de dos AC en los parámetros de calidad de la granada “Mollar de Elche” almacenada a largo plazo a 5°C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como material vegetal se utilizaron granadas (*Punica granatum*) de la variedad “Mollar de Elche” suministradas por Frutas Mira Hermanos S.L. (Elche, Alicante, España). Los frutos se recolectaron a finales de octubre, en su momento óptimo de madurez, y se transportaron en 1 hora desde la empresa hasta la Planta Piloto del Grupo de Postrecolección y Refrigeración. Al llegar a estas instalaciones se almacenaron a 5°C y 80% HR hasta el día siguiente en que fueron seleccionados y divididos en lotes para su tratamiento y posterior almacenamiento.

Tratamientos con radiación UV-C.

Para aplicar la radiación UV-C se tomaron 6 réplicas de 20 frutos sanos y uniformes para cada dosis y se introdujeron en el equipo de tratamiento que contaba con 2 grupos de 18 reflectores de acero inoxidable con lámparas de luz germicida (TUV 36W/G36 T8, Philips, Holanda) que proporcionaban 15 W de radiación a 254,7 nm de longitud de onda. Uno de los grupos estaba suspendido horizontalmente sobre la superficie de radiación y el otro bajo ella. Entre ambos grupos de reflectores, y a una distancia de 150 mm, se colocó una bandeja que simulaba la línea de procesado.

La superficie de radiación consistía en un marco de acero de dimensiones 900 x 1600 mm que soportaba una red de poliestireno, que minimizaba la obstrucción de la radiación. La cámara de radiación se cubrió con una capa reflectante en su interior que facilitaba la distribución homogénea de la luz emitida y permitía la iluminación indirecta en prácticamente todas las caras de los frutos.

Para determinar la intensidad de la radiación UV-C y la permeabilidad de la red de poliestireno se utilizó un radiómetro (VLX 254, Vilber Lourmat, Marne la Vallée, Francia) para un pico máximo de medida a 254 nm. La intensidad aplicada se midió como la media de 18 repeticiones a cada lado de la red, y se comprobó que a ambos lados se recibía la misma intensidad. La intensidad de radiación se mantuvo constante, y las dosis aplicadas, 9,08 kJ/m² y 22,7 kJ/m², se obtuvieron variando el tiempo de exposición a la distancia fijada, mediante la expresión:

$$D = \frac{I \times t}{1000}$$

Donde D = Dosis de radiación aplicada (kJ/m²); I = Intensidad de radiación medida (W/m²); t = tiempo de exposición (s).

Almacenamiento en atmósfera controlada.

Para aplicar los tratamientos y realizar las mezclas gaseosas, se empleó un sistema mezclador de gases automatizado y controlado por un sistema informático (Control-Tec, Tecnidex, S.L, Valencia, España). El sistema consta de 6 cabinas de metacrilato de 75 x 75 x 80 cm, con cierre hermético, instaladas en el interior de 2 cámaras frigoríficas. Para inyectar la composición gaseosa, el CO₂, N₂ y O₂ se tomaron de botellas dispuestas en el exterior de la instalación (Air Liquide S.A., Murcia, España). Mediante un compresor los gases llegan al panel mezclador donde se regulan la composición gaseosa, temperatura y HR para cada cabina con un sistema informático comandado por un autómata y operado con un software. Las cabinas están dotadas de sondas higrostáticas para medir la HR, termopares para medir y controlar la temperatura y analizadores de gases.

Tras el tratamiento con UV-C se colocaron 6 réplicas por tratamiento de AC en bandejas de plástico limpias y desinfectadas que se introdujeron en las cabinas, usando 5kPa O₂ + 10kPa CO₂ y 20kPa O₂ + 15kPa CO₂ y, como testigo, aire humidificado. Las muestras se mantuvieron a 5°C y 95% HR durante 11 y 21 semanas en condiciones constantes, distribuyéndolas en 2 cámaras frigoríficas como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones atmosféricas y distribución de las muestras de granadas tratadas con UV-C para ser almacenadas 12 y 21 semanas a 5°C.

Cámara 1: Evaluación tras 21 semanas			Cámara 2: Evaluación tras 12 semanas		
Cabina 1	Cabina 2	Cabina 3	Cabina 4	Cabina 5	Cabina 6
Aire	5kPa O ₂	20kPa O ₂	Aire	5kPa O ₂	20kPa O ₂
	+	+		+	+
	10kPa CO ₂	15kPa CO ₂		10kPa CO ₂	15kPa CO ₂

Tras el almacenamiento, se trasladó una muestra de cada tratamiento a 20°C y 80% HR en aire durante 8 días, para simular el periodo de comercialización. Tras dicho periodo se volvieron a determinar los diversos parámetros analizados.

Determinaciones

Pérdidas de peso, podredumbres y daños por frío. Las pérdidas de peso se determinaron por diferencia de peso de cada réplica entre el final y el inicio de cada periodo de evaluación con una balanza (Metler, Barcelona, España) con una precisión de 0,1 g.

Las podredumbres y daños por frío se evaluaron como el porcentaje de cada fruto afectado en una muestra determinada. El grado de severidad se escaló de 1 a 3, siendo 1: ligero; 2: medio; 3: severo.

Evolución del color. Las medidas de color se realizaron sobre 6 frutos por tratamiento en el caso del color de las semillas y sobre 14 frutos en el del color de la epidermis.

Se determinó el color de las semillas colocadas en una placa petri y sobre fondo negro. También se midió el color del zumo de las semillas obtenido mediante una prensa manual. Para ello se utilizó un colorímetro tri-estímulo (Chroma Meter, CR-300 de Minolta, Ramsey, N.J. USA). Este colorímetro utiliza un sistema de iluminación geométrica d/0, con una abertura de visión de 8 mm y se calibró con una placa reflectiva blanca estándar ($Y = 92,3$, $x = 0,3139$, $y = 0,3196$) y se utilizó C como fuente de iluminación y 2° observador (CIE, Commission Internationale de l'Éclairage).

La escala de valores de L^* del sistema CIELab representa la luminosidad y varía desde 0 (corresponde al negro, sin reflexión) a 100 (blanco, reflexión difusa perfecta). El rango de la escala de a^* se mueve desde valores positivos (tono rojo), hasta valores negativos (verde). La escala de b^* representa el eje amarillo/azul; los valores positivos indican un tono amarillo y los negativos azul. El eje L^* atraviesa perpendicularmente el centro del plano formado por a^* y b^* . Cada color viene dado por los valores de cada una de estas tres coordenadas cromáticas, que representan un punto en el espacio tridimensional.

Evolución de la firmeza. La medida de la firmeza se representa como la resistencia mecánica o fuerza máxima ofrecida por el fruto a lo largo del recorrido de la prensa y se expresa en Newton (N). Se determinó la firmeza de los frutos mediante compresión en la zona ecuatorial, con una máquina universal de ensayos Ibertest S.A.E. (Madrid, España).

Para realizar el ensayo, se dispuso cada fruto sobre el plato de la prensa, con el eje principal (que pasa por la corona) perpendicular al eje de compresión de la prensa. Para determinar la firmeza durante el ensayo se utilizó otro plato de acero con célula de 0,1 kN, que realizaba un trabajo a compresión con una velocidad de ensayo de 40 mm/min en una carrera total de 4 mm.

Evolución de los atributos químicos de calidad. Se tomaron 6 granadas a las que se les determinaron los atributos físicos de calidad. El zumo se obtuvo con una prensa manual y sobre él se realizaron los análisis de Sólidos Solubles Totales (SST), Acidez Titulable (AT) y pH según se detalla a continuación.

Sólidos Solubles Totales. Es conocido que los azúcares constituyen el principal sólido soluble en el zumo de granada y, por tanto, el contenido en sólidos solubles puede utilizarse como un relativo buen estimador del contenido en azúcares, aunque también están presentes, y quedan incluidos en dicha estimación, los ácidos orgánicos, aminoácidos, pigmentos y pectinas solubles.

Los SST se midieron por determinación del índice de refracción a temperatura ambiente, con un refractómetro de mano (Atago modelo N1, Tokio, Japón) y se expresaron como °Brix (°B). La precisión de la medida del refractómetro era de 0,2 y su rango de medidas es de 0 a 32 °B.

pH. El pH se determinó directamente sobre el zumo de los arilos licuados en una prensa manual mediante un pH-metro (Crison CE 95, microp 2001, Barcelona, España), previo calibrado con patrones conocidos.

Acidez Titulable. La acidez del zumo se determinó con una autobureta de 25 mL acoplada sobre un agitador termo-magnético (Selecta S.A., Barcelona, España) con valoración de 10 mL de zumo diluido en 60 mL de agua destilada con NaOH 0,1 N hasta pH = 8,1. Los valores de la acidez se expresaron como g de ácido cítrico/100mL de zumo de granada, teniendo en cuenta el factor de dilución ($\text{g de ácido cítrico/100 mL} = 7,5 \times V_1 \times f \times N / V_2$) siendo N = Normalidad del NaOH; V_1 = Volumen de NaOH 0,1 N utilizado en la valoración; V_2 = Volumen de la muestra; f = Factor de dilución del NaOH

Análisis sensoriales.

Para determinar los efectos de los distintos tratamientos sobre las características organolépticas de las granadas, éstas se sometieron a evaluación por un panel de catadores de ambos sexos y edades comprendidas entre 25 y 60 años, en un número nunca inferior a 7.

El aroma y la deshidratación de los arilos se evaluaron en una escala de intensidad del daño de 5 puntos cuya codificación fue 1: ninguno; 2: leve; 3: moderado – límite de comercialización; 4: severo; 5: extremo. El pardeamiento se evaluó por el porcentaje de arilos pardeados 1: menos del 5% pardeados, 2: entre el 5 y el 10 %, 3: entre el 10 y el 20 %, 4: hasta el 50 %, 5: más del 50 % de arilos pardeadas. El color se evaluó según las tonalidades que pueden tomar las semillas 1: blanco, 2: rosa claro, 3: rosa intenso, 4: rojo claro, 5: rojo intenso. La apariencia visual, el sabor, la textura y la calificación global se evaluaron con una escala de 9 puntos (1: extremadamente pobre o blando para textura; 2: muy malo o pobre; 3: pobre o blando para textura; 4: ligeramente malo o pobre; 5: moderado - límite de comercialización; 6: ligeramente bueno 7: bueno 8. muy bueno y 9: excelente).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdidas de peso, ataques fúngicos y daños por frío.

Tras 12 semanas de conservación los tratamientos de AC redujeron las pérdidas de peso (Tabla 2). Este efecto fue más acusado durante la conservación que durante la comercialización, al contrario de los resultados de Artés et al. (1996). En este caso, el aire enriquecido en CO₂, fue el tratamiento de AC más efectivo para reducir las pérdidas de peso. Se ha observado un efecto sinérgico de los tratamientos UV-C con la AC.

Tabla 2. Pérdidas de peso de granadas almacenadas 12 semanas a 5°C y 95% HR.

Periodo kPa O ₂ /	12 semanas 5°C 95% HR			8 d 20°C 80% HR		
	Aire	5/10	20/15	Aire	5/10	20/15
CO ₂						
UV-C						
Testigo	3,24%	3,71%	1,91%	1,67%	1,43%	2,34%
9,08 kJ m ⁻²	2,23%	2,35%	1,49%	2,01%	1,56%	1,45%
22,7 kJ m ⁻²	1,43%	0,00%	1,49%	2,2%	1,25%	2,01%

Al cabo de 21 semanas de conservación, los efectos de la AC fueron más acusados, observándose una gran disminución de pérdidas de peso para los frutos bajo 5kPa O₂ + 10 kPa CO₂ (Tabla 3). Además, la aplicación de UV-C disminuyó dichas pérdidas de peso, sobre todo durante el periodo de almacenamiento.

Tabla 3. Pérdidas de peso de granadas almacenadas 21 semanas a 5°C y 95% HR.

Periodo kPa O ₂ / CO ₂	21 semanas 5°C 95% HR			8 d 20°C 80% HR		
	Aire	5/10	20/15	Aire	5/10	20/15
UV-C						
Testigo	10,47%	3,70%	4,10%	1,43%	1,41%	2,62%
9,08 kJ m ⁻²	6,58%	3,08%	2,56%	1,63%	2,93%	3,08%
22,7 kJ m ⁻²	6,45%	1,78%	2,65%	1,27%	2,68%	2,71%

Durante las primeras semanas de almacenamiento en ningún tratamiento apenas se produjeron podredumbres ni daños por frío, sin constatarse diferencias entre ellos. Tras 21 semanas las pérdidas por podredumbres fueron mínimas, detectándose algunos frutos afectados por ligeros ataques fúngicos causados por *Penicillium sp.* Los daños por frío se manifestaron por un escaldado y pardeamiento externo de la corteza y de las membranas internas, mostrándose en ocasiones severo (Tabla 4).

Tabla 4. Daños por frío según el grado de severidad de granadas tratadas con UV-C y almacenadas 21 semanas a 5°C y 95% HR bajo diferentes atmósferas.

UV-C kJ m ⁻²	Severidad del daño por frío	AC (kPa O ₂ /kPa CO ₂)		
		Aire	5/10	20/15
Testigo	3	20 %	0	0
	2	40%	0	0
	1	20%	0	12%
	3	28%	0	0
	2	44%	0	0
	1	8%	12%	8%
9,08	3	48%	0	0
	2	32%	0	0
	1	0	12%	12%
22,7	2	32%	0	0
	1	0	12%	12%

Las AC redujeron la incidencia de estas fisiopatías, sobre todo 5kPa O₂ +10 kPa CO₂, confirmando los resultados obtenidos en granadas Mollar tras 8 semanas a 5°C (Artés et al., 1996) y con Wonderful tras 4 y 5 meses a 5°C (Hess-Pierce y Kader, 2003)

Textura.

En todos los tratamientos disminuyó la textura del fruto respecto a los valores iniciales de 64,68±4,67 N. Al cabo de 12 semanas el que mejor mantuvo la textura fue 5kPa O₂ + 10 kPa CO₂, sin observarse efecto de la radiación UV-C en este parámetro. Tras 21 semanas no se produjeron diferencias significativas en la textura de los frutos sometidos a diferentes tratamientos (Tabla 5).

Tabla 5. Diferencias de textura (N) respecto a los valores iniciales de granadas tratadas con UV-C y almacenadas 12 y 21 semanas a 5°C y 95% HR bajo diferentes composiciones gaseosas, y tras 8 días a 20°C y 75% HR.

UV-C kPa O ₂ / CO ₂	12 semanas 5°C 95% HR + 8 días a 20°C			21 semanas 5°C 95% HR + 8 días a 20°C		
	Aire	5/10	20/15	Aire	5/10	20/15
Testigo	42,5	37,5	42,9	48,43	43,7	48,7
9,08 kJ m ⁻²	36,9	33,3	42,1	52,1	48,7	51,6
22,7 kJ m ⁻²	43,6	38,6	41,0	45,86	47,5	53,0

Color

Tras 12 semanas de almacenamiento, no se produjo ningún cambio con respecto a los valores al inicio de la conservación para el color de la epidermis (L*= 67,93±5,54; a*=22,33±9,46; b*=32,97±3,19). En las semillas, el tratamiento de 5kPa O₂ + 10 kPa CO₂ fue el que mejor mantuvo el parámetro a* con respecto al valor inicial (a*=11,48±2,68), lo que indica un mantenimiento de los pigmentos rojos en la conservación, a diferencia de los otros tratamientos en que disminuyó. La radiación UV-C no afectó la coloración externa de los frutos y sus semillas.

Tabla 6. Color de la epidermis y de los arilos de granadas tratadas con UV-C y almacenadas 12 semanas a 5°C y 95% HR bajo diferentes atmósferas.

Radiación kJ/m ⁻²	kPa O ₂ / CO ₂	Color externo			Color de los arilos		
		Aire	5/10	20/15	Aire	5/10	20/15
Testigo	L	70,1±1,8	66,4±1,5	70,1±3,5	31,9±2,7	21,6±4,5	24,0±9,1
	a	15,0±3,2	24,3±0,4	14,6±6,4	8,7±1,8	13,4±1,0	9,7±3,1
	b	37,6±2,0	35,4±2,7	37,2±2,3	11,2±1,1	7,6±1,0	8,1±2,6
9,08	L	68,6±5,5	68,0±3,4	71,1±1,5	22,9±5,0	21,4±8,3	25,0±5,1
	a	15,2±6,8	6,7±5,8	9,3±2,6	12,9±4,3	12,3±3,6	13,0±3,2
	b	36,4±3,5	41,6±2,5	39,1±2,9	7,01±1,30	7,2±3,6	8,5±2,6
22,7	L	70,4±2,7	71,7±3,4	70,1±4,3	23,4±2,7	26,8±3,7	31,7±3,0
	a	14,6±6,4	12,3±6,5	15,67±1,5	11,5±4,4	12,3±3,6	12,3±2,6
	b	37,67±2,36	38,21±0,74	37,35±5,69	7,5±1,4	7,2±3,6	11,1±1,2

Estos datos confirman los de Artés et al (1996) en granadas Mollar tras 8 y 6 semanas a 5°C en AC. Similares resultados se obtuvieron al cabo de 21 semanas de almacenamiento.

Test Organoléptico

Calificación Global. Tras 12 y 21 semanas de almacenamiento, el panel de cata evaluó las características organolépticas de los arilos extraídos de los frutos almacenados. Para la calificación global en una escala de 1-9 (1= extremadamente pobre; 9= excelente), los frutos

mejor valorados fueron los sometidos a AC, aunque todos los tratamientos se encontraban dentro de los límites para su comercialización.

Tabla 7. Calificación global de arilos de granadas tratadas con UV-C y almacenadas 12 y 21 semanas a 5°C y 95% HR bajo diferentes atmósferas.

kPa O ₂ / CO ₂	12 semanas 5°C 95% HR			21 semanas 5°C 95% HR		
	Aire	5/10	20/15	Aire	5/10	20/15
UV-C kJ m ⁻²						
Testigo	5,5±0,8	6,8±0,1	6,5±0,2	6,25±0,3	6,1±0,9	2,00±0,0
9,08	5,6±0,2	6,3±0,4	6,0±0,4	5,63±0,5	6,1±0,9	1,50±1,0
22,7	5,3±0,5	6,4±0,1	6,5±0,5	5,63±0,5	6,4±0,8	2,00±0,0

Sin embargo, tras 21 semanas los frutos almacenados en aire enriquecido en CO₂ (20kPa O₂ + 15 kPa CO₂) presentaban un elevado pardeamiento de los arilos y sabores y olores extraños (datos no mostrados), debido a que los altos niveles de CO₂ produjeron fermentaciones en el interior del fruto (Tabla 8)

Tabla 8. Pardeamiento de arilos de granadas tratadas con UV-C y almacenadas 12 y 21 semanas a 5°C y 95% HR bajo diferentes atmósferas.

kPa O ₂ / CO ₂	12 semanas 5°C 95% HR			21 semanas 5°C 95% HR		
	Aire	5/10	20/15	Aire	5/10	20/15
UV-C kJ m ⁻²						
Testigo	2,3±0,6	2,0±0,5	2,5±0,6	2,3±0,5	1,5±0,6	4,5±0,6
9,08	2,5±0,3	1,5±0,2	2,5±0,8	2,4±0,5	2,3±0,8	4,5±0,6
22,7	2,0±0,3	1,8±0,2	2,0±0,3	1,5±0,6	2,3±0,5	4,5±0,6

1: Menos del 5% pardeadas, 2: entre el 5 y el 10 % de arilos pardeados, 3: entre el 10 y el 20 %, 4: hasta el 50 %, 5: Más del 50 %.

Parámetros Físico-Químicos

No se produjo ningún cambio significativo en el contenido total de SST, manteniéndose los valores iniciales en torno a 17,3 ± 0,33 °Brix. El pH tampoco se vio afectado por ninguna variable independiente del estudio, oscilando el parámetro alrededor del 4 ± 0,22 correspondiente al valor en la cosecha.

Sin embargo se produjo una pequeña disminución de la acidez total respecto al valor inicial (0,22 ± 0,04) para todos los tratamientos al cabo de 12 semanas de almacenamiento. Los valores descendieron hasta 0,17 ± 0,01 sin diferencias significativas entre tratamientos. Estos valores se mantuvieron constantes tras la continuación del almacenamiento hasta 21 semanas. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Artés et al. (1996, 2000) en Mollar y por Elyatem et al, (1984) y Kader et al, (2003) en Wonderful.

CONCLUSIONES

La AC mejoró el almacenamiento de granadas Mollar durante 12 y 21 semanas, mostrándose más efectivo el tratamiento 5kPa O₂-10 kPa CO₂, que mantuvo la textura, y las características organolépticas de las semillas y redujo las pérdidas de peso

El aire enriquecido en CO₂ se mostró perjudicial al cabo de 21 semanas de almacenamiento, por inducir pardeamientos de la parte comestible y olores y sabores extraños.

El efecto de la radiación UV-C se constató con una disminución de las pérdidas de peso. Ante la escasa incidencia de podredumbres en todos los tratamientos, no se pudo evaluar su incidencia para disminuir las podredumbres.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la financiación al proyecto CRAFT POMEVAL de la Unión Europea, y a Frutas Mira Hermanos S.L. el suministro del material vegetal. También se reconoce a Mariano Otón Alcaraz su asistencia técnica.

BIBLIOGRAFÍA

- Artés, F.; Marín, J.G.; Martínez, J.A. Controlled atmosphere storage of pomegranate. *Z. Lebensm. Unter und-Forschung*. 203: 33-37. 1996.
- Artés, F.; Tudela, J.A.; Villaescusa, R. Modified atmosphere packaging of pomegranate. *J. Food Sci.* 65 (7): 1112-1116. 2000.
- Allende, A.; Artés, F. Combined ultraviolet-C and modified atmosphere packaging treatments for reducing microbial growth of minimally processed lettuce. *Lebensm.-Wiss. U-Technol.* 36, 779–786. 2003a
- Allende, A.; Artés, F., UV Radiation as a novel technique to preserve quality of minimally processed 'Lollo Rosso' lettuce. *Food Res. Int.* 36, 739–746. 2003b.
- Ben-Arie, R.; Or, E. The development and control of husk scald on 'Wonderful' pomegranate fruit during storage. *J. Hort. Sci.* 111:395-399. 1986.
- Elyatem, S.M.; Kader A.A.. Post-harvest physiology and storage behavior of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae* 24:287-298. 1984.
- Erkan, M.; Wang, C.Y.; Krizek, D.T. UV-C radiation reduces microbial populations and deterioration in *Cucurbita pepo* fruit tissue. *Environ. Exp. Botan.*, 45, 1–9. 2001.
- González-Aguilar, G.A.; Wang, C.Y.; Buta, J.G.; Krizek, D.T. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. *Int. J. Food Sci. Technol.* 36 (7), 767–773. 2001.
- Hess-Pierce, B; Kader, A.A. Responses of 'Wonderful' pomegranates to controlled atmospheres. *Acta Horticulturae*. 600:751-757.2003.
- Kader, A.A.; Chordas, A.; Elyatem, S. Responses of pomegranates to ethylene treatment and storage temperature. *California Agric.* 38(7 & 8):14-15. 1984.
- Küpper, W.; Pekmezci, M.; Henze, J. Studies on ca-storage of pomegranate (*Punica granatum* L., cv. Hicaz). *Acta Horticulturae* 398:101-108. 1995.
- MAPA. Anuario de estadística agroalimentaria 2003. 2004.
- Marquenie, D.; Michiels, C.W.; Geeraerd, A.H.; Schenk, A.; Soontjens, C.; Van Impe, J.F.; Nicolai, B.M. Using survival analysis to investigate the effect of UV-C and heat treatment on storage rot of strawberry and sweet cherry. *Int. J. Food Microbiol.* 73, 187–196. 2002.
- Nerya, O.; Gizis, A.; Tsyilling, A.; Gemarasni, D., Sharabi-Nov, A.; Ben-Arie, R. Controlled atmosphere storage of pomegranate. *Acta Horticulturae*. 712: 655-660. 2006.