

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y
AGROAMBIENTAL



Efecto de la aplicación Pre-Cosecha de
elicitores en el color de la Granada
Mollar de Elche

TRABAJO FIN DE GRADO
JULIO-2019

Autor: MALIH ESSAFI, HICHAM
Tutor/es: ZAPATA COLL, PEDRO JAVIER
MEDINA SANTAMARINA, JORGE



RESUMEN

La granada Mollar de Elche (*Punica granatum* L. cv. Mollar de Elche) es una de las variedades más cultivadas en España ya que es muy apreciada por los consumidores debido a sus excelentes atributos de calidad organoléptica. Sin embargo, presenta un color poco intenso tanto de la piel como de los arilos en comparación con otras variedades a pesar de que no poseen las buenas características organolépticas de la variedad Mollar de Elche. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tratamientos de granados de la variedad Mollar de Elche con metil jasmonato 5mM (JaMe), ácido oxálico 10mM (AO), ácido salicílico 10 mM (AS) y su derivado el metil salicilato 10 mM (MeSa) sobre determinados parámetros de calidad del fruto en el momento de la recolección y durante el almacenamiento refrigerado, especialmente sobre el color del fruto, con el fin de mejorarlo y hacer a esta variedad más competitiva en el mercado. Los árboles fueron tratados en 4 momentos clave del desarrollo del fruto realizándose el último tratamiento 14 días antes de la recolección. La aplicación de ácido oxálico incrementó la coloración externa del fruto, mientras que la aplicación de los compuestos metilados tuvo un efecto contrario, sin embargo, con todos los tratamientos aplicados se produjo un incremento de la coloración de los arilos. Por tanto, la aplicación de elicitors en precosecha podría ser una herramienta segura y respetuosa con el medio ambiente, con potencial para mejorar atributos de calidad de los frutos en el momento de la recolección y durante el almacenamiento.

Palabras clave: Granada, Pre-cosecha, Coloración, Elicitors, Almacenamiento.

ABSTRACT

The Mollar de Elche pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Mollar de Elche) is one of the most cultivated varieties in Spain since it is highly appreciated by consumers due to its excellent attributes of organoleptic quality. However, it has a low color of both the skin and the arils compared to other varieties although they do not possess the good organoleptic characteristics of the Mollar de Elche variety. The objective of this work was to evaluate the effect of pomegranate treatments of the Mollar de Elche variety with 5mM methyl jasmonate (JaMe), 10mM oxalic acid (AO), 10 mM salicylic acid (AS) and his derivative 10 mM methyl salicylate (MeSa) on certain parameters of fruit quality at the time of harvest and during refrigerated storage, especially on the color of the fruit, in order to improve it and make this variety more competitive in the market. The trees were treated in 4 key moments of fruit development, with the last treatment being carried out 14 days before harvesting. The application of oxalic acid increased the external coloring of the fruit, while the application of the methylated compounds had an opposite effect, however, with all the treatments applied there was an increase in the coloring of the arils. Therefore, the application of elicitors in pre-harvest could be a safe tool and respectful with the environment, with potential to improve attributes of quality of the fruits at the time of collection and during storage.

Keywords: Pomegranate, Pre-harvest, Coloration, Elicitors, Storage.

Traducido por: Google Traductor

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	4
1.1	ORIGEN E HISTORIA DE LA GRANADA (<i>Punica granatum</i> L.)	5
1.2	TAXONOMÍA.....	7
1.3	PRODUCCION DEL CULTIVO A NIVEL MUNDIAL	8
1.3.1	ANÁLISIS DEL MERCADO INTERNACIONAL PARA LA GRANADA FRESCA.....	10
1.4	IMPORTANCIA ECONOMICA DEL CULTIVO EN ESPAÑA	11
1.5	VARIETADES.....	13
1.5.1	Mollar de Elche	13
1.5.2	Otras:	16
1.6	ELICITORES Y SU APLICACIÓN PRE-COSECHA	18
1.6.1	ÁCIDO SALICÍLICO Y METIL SALICILATO.....	19
1.6.2	METIL JASMONATO	21
1.6.3	ÁCIDO OXÁLICO.....	23
2	OBJETIVOS	26
3	MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1	MATERIAL VEGETAL	27
3.2	APLICACIÓN PRE-COSECHA DE ELICITORES.....	28
3.3	RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO POST-COSECHA.....	29
3.4	DETERMINACIÓN DURANTE EL ALMACENAMIENTO.....	30
3.4.1	PÉRDIDAS DE PESO	30
3.4.2	TASA DE RESPIRACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ETILENO.....	30
3.4.3	SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES Y ACIDEZ TOTAL	31
3.4.4	DETERMINACIÓN DEL COLOR.....	31
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1	PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PESO	34
4.2	TASA DE RESPIRACIÓN.....	36
4.3	ETILENO	37
4.4	SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES Y ACIDEZ TOTAL	39
4.4.1	SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES	39
4.4.2	ACIDEZ TOTAL	41
4.5	DETERMINACIÓN DE COLOR MEDIANTE IMAGEJ	42
4.5.1	COLOR DE LA PIEL DE LA GRANADA CON IMAGEJ Y CON COLORÍMETRO	42
4.5.2	COLOR DE LOS ARILOS DE LA GRANADA CON IMAGEJ	52
5	CONCLUSIONES	58
6	BIBLIOGRAFIA.....	59



1. INTRODUCCIÓN

El granado (*Punica granatum* L.) es un cultivo de gran interés en nuestra zona, y es que es un cultivo esencial y característico en la Vega Baja del río Segura. Estas tierras son ideales para su cultivo por el privilegiado clima y los suelos fértiles, a orillas del Mediterráneo, que dan como resultado una de las mejores y más valoradas granadas del mundo.

Esto es posible también gracias a la gran resistencia del granado a la salinidad, ya que da buenos rendimientos en algunas tierras salinas de nuestra zona, donde es regado en muchos casos con aguas de un alto contenido salino. Una gran rentabilidad que muy pocos frutales podrían igualar en los suelos y con las aguas citadas, siendo solamente igualada o superada en resistencia a la salinidad por unos pocos frutales de los implantados en el Levante español, como son la higuera (*Ficus carica* L.) que se encuentra en el mismo grupo, la chumbera (*Opuntia ficus indica* L.) y el jinjolero (*Zyuzufus vulgaris* L.).

El granado presenta una extraordinaria resistencia a la sequía, además de que tolera los suelos y las aguas salinas, y suelos con mal drenaje. Es por eso por lo que se cultiva en zonas áridas y semiáridas de agua salada (Melgarejo y Salazar, 2003), aunque cabe decir que si se cultiva en suelos o se le aporta agua de mejor calidad agronómica se obtendrían mejores rendimientos.

Podemos deducir, en conclusión, que el granado vegeta en condiciones rentables en las zonas salinas de la Vega Baja de la cuenca del Segura, obteniéndose en estas condiciones frutos de máxima calidad que se conocen hoy en día, en especial la DOP, el cultivar Mollar de Elche.

Esta variedad tiene una gran importancia en el mercado europeo al cual abastece y en donde se enfrenta con otras variedades de granada que poseen unas características visuales que atraen al consumidor, principalmente el color de su piel. La Mollar de Elche posee muy buenas características organolépticas, muy dulces y sus semillas son blandas, pero el color de su piel es su problema frente a las otras variedades.

1.1 ORIGEN E HISTORIA DE LA GRANADA (*Punica granatum L.*)

El origen de la especie la encontramos en las investigaciones del científico ruso Nikolai Ivanovich Vavilov, el biólogo que más ha contribuido al conocimiento del origen de las especies y su expansión. Éste concluyó que la gran mayoría de la diversidad varietal de nuestras plantas cultivadas se encontraba en ocho grandes centros de dispersión. Así, el científico ruso situaba al granado en el centro IV (Fig. 1), Centro de Oriente Próximo, que incluye el interior de Asia menor, la Transcaucasia, Irán y las tierras altas de Turkmenistán, centro al que también pertenecen otros frutales como la higuera, manzano, peral, membrillero, cerezo, almendro, etc., entre otras especies vegetales (Sánchez-Monge y Perellada, 1974).



Fig. 1. Centros de origen y diversidad de las plantas cultivadas según Vavilov.

Fuente: Sánchez-Monge (1974).

Históricamente la granada ha sido utilizada como medicamento por muchas civilizaciones y ha sido descrita como símbolo religioso en diferentes mitologías y religiones desde hace siglos (tabla 1).

Mitología/ Religión	Documento	Simbología
Mitología griega	Leyenda de perséfone	Símbolo de regeneración y Vida
Mitología persa	Leyenda de isfandiyar	Símbolo de invencible
Judaísmo	Biblia	Símbolo de santidad y Fertilidad
Budismo	Regalo de boda	Símbolo de fertilidad y Abundancia
Islam	Corán	Fruta del paraíso
Cristianismo	Biblia	Símbolo de resurrección y vida eterna

Tabla 1. Creencias de ciertas religiones y mitologías respecto a la granada.

Fuente: Diccionario de los Jeroglíficos, D. Claudio González Zúnga.

Fueron los cartagineses los que introdujeron el granado en tierras mediterráneas a raíz de las guerras púnicas y, posteriormente, los romanos extendieron su cultivo por todo el imperio y por España.

Los orígenes de la granada en Elche los encontramos en siglo II-I a.C en el yacimiento arqueológico de la Alcudia. En este espacio, se encontraron varias granadas carbonizadas que datan del siglo I a.C, así como cerámica de la época final de los íberos con grabados de granada (s. II-I a.C.).



Fig. 2. Orígenes de la granada

Fuente: DOP Mollar de Elche, s.f.

En cuanto a las primeras referencias comerciales datan de 1864. A mediados del s. XIX, el olivar empezó a sustituirse en Elche por huertos de granados y a principios del siglo XX ya se había convertido en el principal cultivo.

1.2 TAXONOMÍA

Punica granatum fue descrita por Carlos Linneo y publicado en *Species Plantarum* en 1753.

El nombre del género de la granada, *Punica*, deriva de los fenicios, quienes fueron difusores activos de su cultivo.

El granado pertenece a la familia *Punicaceae*, que sólo posee el género *Punica* L. (Font Quer, 1959). De este género las dos especies más conocidas son:

Púnica granatum L.: granado cultivado por sus frutos.

Púnica nana L.: granado enano, de uso ornamental y frutos no comestibles.

Punica granatum L. es una especie diploide, su número somático es $2n=16$ y su número haploide de cromosomas es $n=8$ (Westwood, 1982) ó $2n=16$ ó 18 (Mars, 1998).

La clasificación sistemática del granado es la siguiente (Melgarejo P. , 2000):

- División: Fanerógamas
- Subdivisión: Angiospermas
- Clase: Dicotiledóneas
- Subclase: Arquiclamídeas
- Orden: Myrtales
- Familia: Punicaceae
- Género: Púnica
- Especie: Granatum

1.3 PRODUCCION DEL CULTIVO A NIVEL MUNDIAL

Se trata de un cultivo minoritario, en el que no abundan las grandes explotaciones ni una gestión comercial de las mismas, siendo muy habitual encontrar árboles aislados dispersos por márgenes de otras plantaciones o en mitad de los huertos. Históricamente se ha cultivado para su autoconsumo familiar, y las pocas plantaciones comerciales que había se dirigían al mercado interior.

Este fruto ha cobrado importancia mundial en la última década (López-Mejía, López-Malo, & Palou, 2010) por sus propiedades antioxidantes (Seeram, y otros, 2008), mismas que le confieren propiedades farmacológicas anticancerígenas (Kasimsetty, y otros, 2010), hepatoprotectivas y para el control de enfermedades renales (Lansky & Newman, 2007), (Syed, Afaq, & Mukhtar, 2007), (Shahidi & Nacz, 2004), (Naz, Siddiqi, Ahmad, Rasool, & Sayeed, 2007), (Bektas & Ozturk, 2007), (Celik, Temur, & Isik, 2009). Otros autores refieren propiedades de reducción de riesgos cardiovasculares (Aviram, y otros, 2004). Sus propiedades

terapéuticas y farmacológicas se han investigado ampliamente (Borochoy-Neori, y otros, 2009). Propiedades antimutagénicas, anticancerígenas y antitumorales (Adhami, Siddiqui, Syed, Lall, & Mukhtar, 2012), (Zahin, Ahmed, Gupta, & Aqil, 2014), (Cano-Lamadrid, y otros, 2016), (Orgil, y otros, 2014). Propiedades antiinflamatorias (Nworu & Akah, 2015). Además, por las tendencias actuales, la industria alimentaria requiere fuentes de antioxidantes naturales para aplicarse en el desarrollo de productos y aditivos. Por otro lado, la granada puede ser aprovechada como una de las fuentes antioxidantes más importantes por los recientes hallazgos científicos, referentes a sus beneficios en la salud (Agro-Food Technology, 2017).

Los principales países productores del fruto del granado son donde el fruto tuvo su origen, aunque más tarde se fue extendiendo al resto del mundo donde al conocer esas magníficas propiedades nutricionales y saludables, se reclama cada vez más. Estos países son los siguiente (Quiles, 2010):

Asia Central: Irán, India, Pakistán, China, sur de Rusia, Bangladesh, Turkmenistán, Irak, Armenia, Afganistán, Arabia Saudita, Tailandia, Japón.

Mediterráneo: Turquía, Túnez, España, Egipto, Israel, Siria, Marruecos, Jordania, Chipre, Grecia, Italia, Portugal.

Norteamérica: sur de los EE. UU.

Latinoamérica: México, Perú, Chile, Argentina, Brasil.

África: Sudáfrica.

Australia.

1.3.1 ANÁLISIS DEL MERCADO INTERNACIONAL PARA LA GRANADA FRESCA

La exportación de granada para su consumo en fresco en el mundo no es tan extendida como ocurre en otros frutos. Es originaria de los países de Medio Oriente, lugar también donde se encuentran los principales países productores y unos de los exportadores del mundo, destacando China, India, Irán e Israel como principales productores, pero su cultivo se ha expandido por todo el mundo, es así como en Europa el principal productor de granada es España. En África destaca Egipto y en América del Sur destacan los países de Perú y Chile, en Estados Unidos existen cultivos de granada que en su mayoría se destinan al consumo local.

Los países exportadores están ubicados en Medio Oriente destacando como los principales exportadores Israel e India, pero el principal país exportador de granada fresca en el mundo es España, esto fundamentalmente por su cercanía a los principales países importadores del mundo (países europeos). España cultiva el 96% de granada europea, esto es debido a sus suelos fértiles y a su clima adecuado para este cultivo. Sus principales importadores de fruta en fresco son Francia, Alemania, Holanda, Reino Unido, Suiza, Rusia y Bélgica. La variedad que más importan es la variedad mollar siendo sus principales zonas de cultivo Alicante, Valencia y Murcia. En segundo lugar, en exportación, está Israel, y luego también tenemos otros países emergentes para exportar granada que son Perú y Chile y algunos países del Medio Oriente.

Como observamos, las exportaciones a nivel mundial están concentradas en un grupo pequeño de países; esto se da porque la exportación de granada fresca no es tan difundida, pero hay que considerar también que la comercialización de la granada como producto de cuarta gama y su uso en la fabricación de mermeladas, jaleas, confituras, zumos, etc., están adquiriendo cada día mayor interés. Además, la importancia que está teniendo en la industria farmacéutica por las propiedades curativas que se están descubriendo en dicha fruta y los numerosos estudios que evidencian su poder antioxidante, dan un motivo por el cual, la demanda de granada fresca se incrementa.

1.4 IMPORTANCIA ECONOMICA DEL CULTIVO EN ESPAÑA

La comercialización de la granada comienza en su periodo de recolección y esto es cuando el fruto madura, desde principios de septiembre prolongándose hasta finales de octubre e incluso hasta primeros de noviembre. Por lo que la comercialización comienza en la segunda decena de septiembre y hasta finales de diciembre, ya que la conservación frigorífica durante tres meses no plantea problemas para esta fruta, si se realiza adecuadamente.

La importancia económica del cultivo del granado en España es muy notable, ya que es uno de los principales países que producen granada a nivel mundial, cuyos frutos de gran calidad abastecen al mercado nacional y se exportan al mercado de la Unión Europea, pues es el mayor productor y exportador europeo; haciendo el cultivo más o menos rentable. Se trata de un frutal alternativo para muchas zonas, especialmente donde las malas condiciones del suelo o la escasa calidad del agua de riego impiden la explotación rentable de otros frutales; ello no implica que si el granado se cultiva en mejores condiciones los resultados obtenidos no sean buenos.

Las últimas cifras de producción y superficie del cultivo de la granada obtenidas por el ministerio de agricultura, pesca y alimentación son las del año 2015 (tabla 3), con una superficie nacional total de 4.753 hectáreas y una producción de 56.185 toneladas de granadas (MAPAMA, 2015). Estas cifras han ido creciendo cada vez más, con un alto crecimiento en los últimos años, donde las granadas son demandas cada vez más. Actualmente la superficie de granado en España supera las 4750 ha, con una producción superando las 56.000 toneladas.

SUPERFICIES Y PRODUCCIONES DE CULTIVOS

13.9.14.1. FRUTALES DE FRUTO FRESCO NO CÍTRICOS-GRANADO:

Serie histórica de superficie, árboles diseminados, rendimiento, producción, precio y valor

Años	Superficie en plantación regular		Árboles diseminados (miles de árboles)	Rendimiento de la superficie en producción (qm/ha)	Producción (toneladas)	Precio medio percibido por los agricultores (euros/100kg)	Valor (miles de euros)
	Total (hectáreas)	En producción (hectáreas)					
2005	2354	2314	53	124,5	28.812	51,34	14.792
2006	2325	2270	43	120,7	27.389	69,30	18.981
2007	2321	2281	37	112,4	25.632	83,01	21.277
2008	2387	2302	27	100,6	23.169	87,95	20.377
2009	2285	2230	20	100,0	22.311	59,59	13.295
2010	2425	2198	23	120,9	26.582	80,20	21.319
2011	2610	2285	15	142,7	32.606	64,17	20.923
2012	2791	2398	12	152,2	36.495	66,27	24.185
2013	3167	2591	13	167,2	43.324	64,95	28.139
2014	3830	2950	6	153,8	45.382	50,75	23.031
2015	4753	3197	6	175,7	56.185	49,09	27.581

Tabla 2. superficies y producciones de cultivos

Fuente: MAPAMA, 2015

Esa producción se centra básicamente en tres provincias del levante: Alicante, Valencia y Murcia. Esto es gracias al clima y a las propiedades del suelo de estas zonas que favorecen su cultivo.

La importancia que está teniendo cada vez más el granado ha provocado un crecimiento en su producción. Desde el año 2009 hasta el 2015 no ha parado de crecer la producción, con diferencias bastante notables entre un año y el siguiente. En estos seis años la producción ha pasado de un valor de 22.500 toneladas a superar las 55.000 toneladas, más del doble de toneladas en tan poco tiempo (tabla 4).

GRÁFICO: Evolución de la producción de granado (toneladas)

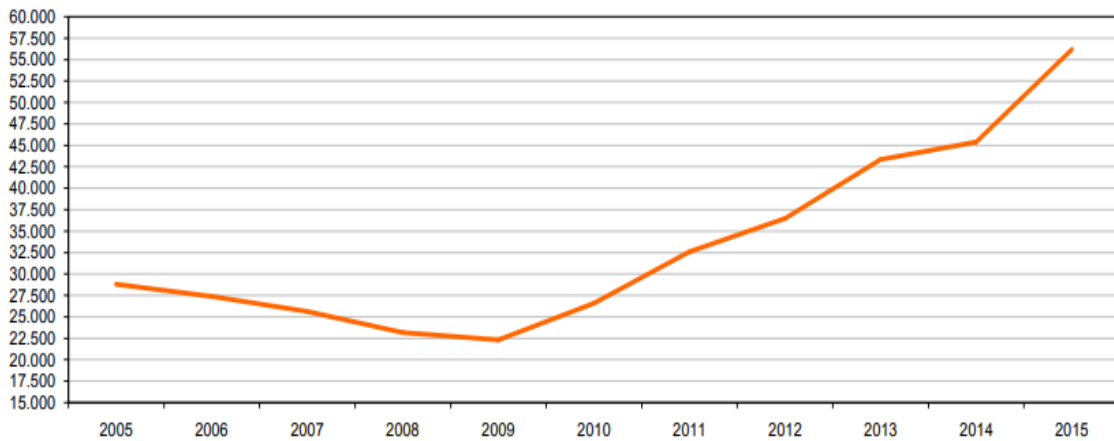


Tabla 3. Evolución de la producción de granado.

Fuente: MAPAMA, 2015

1.5 VARIEDADES

1.5.1 Mollar de Elche

Es una variedad población, la más cultivada en España y la variedad objeto de estudio. Sus principales características son (Melgarejo & Martínez, 1992):

- Origen: Elche (Alicante)
- Zona de cultivo: Alicante y Murcia
- Color: de crema a rojo en el exterior y rosa intenso a rojo en el interior.
- Época de recolección: septiembre-noviembre
- Peso medio del fruto: 262 g
- Relación diámetro/altura: 1,2
- Contenido en agua de la porción comestible: 83,3%
- Brix: min 14°
- Acidez: 0,18-0,24

DOP "Granada Mollar de Elche" se define como: Fruto de la especie *Punica granatum* L., procedente de la variedad Mollar, de las categorías Extra y I definidas en la Norma del Codex para la granada. La zona de producción agrícola está constituida por los términos municipales pertenecientes a las comarcas de Bajo Vinalopó, L'Alcantí y Bajo Segura situadas en la provincia de Alicante (Comunidad Valenciana).

El fruto tiene forma redonda, dividida interiormente en varios lóbulos, dentro de los cuales se encuentran las semillas (arilos), que son la parte comestible. Su corteza es fina a media, lisa y brillante (fig. 3).

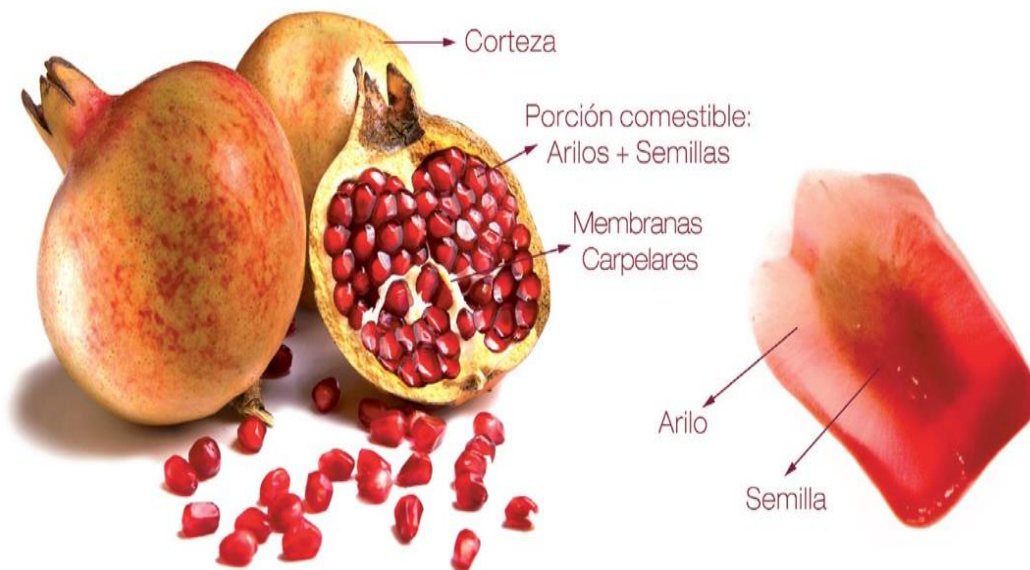


Fig. 3. Partes de la Mollar de Elche.

Fuente: *Granatum plus*. La fruta granada cultivada en España.

La Granada Mollar de Elche es, sin duda alguna, la más cultivada en España, y por la que España es conocida internacionalmente. Los frutos Mollar de Elche tienen dos ventajas principales:

- dulzor intenso.
- parte leñosa del arilo (parte comestible) muy blanda.

Sin embargo, presenta también desventajas:

- principalmente color poco intenso.

Aproximadamente el 96% de la producción española corresponde a este grupo de variedad.

Es una de las granadas más valoradas del mundo. La granada Mollar de Elche tiene unas características y cualidades que la diferencian del resto de granadas. Destaca por su dulzor particular, su pepita es blanda (prácticamente no se aprecia y es comestible) y su color exterior puede oscilar desde el color crema al rojo en función de la exposición que ha tenido la fruta en el árbol.



Fig. 4. Granada Mollar de Elche

Fuente: Denominación de Origen Protegida Granada Mollar de Elche

La calidad de esta variedad está garantizada por la Denominación de Origen Protegida de la Granada Mollar de Elche que ampara las comarcas alicantinas del Baix Vinalopó, L'Alcantí y Vega Baja.

Estas tierras disponen de un clima y unos suelos que hacen que la granada de esta zona sea una de las mejores del mundo. Los campos de Elche y su entorno se ubican al Sureste de España, junto al Mediterráneo. Estas tierras producen más del 75% del rendimiento español, por lo que son las principales exportadoras de granadas a Europa del mundo.



Fig. 5. Ubicación de la DOP Mollar de Elche

Fuente: Denominación de Origen Protegida Granada Mollar de Elche

1.5.2 Otras variedades

- **Wonderfull**

El árbol de granada wonderfull da uno de los frutos de granada más grandes, produce frutos del tamaño del pomelo que son más luminosos, más brillante y más rojo cereza que otras variedades. Es la variedad de granado más cultivada en California, Israel y Chile.

- Fruto grande
- Color externo rojo profundo.
- Semillas pequeñas y medianamente duras, relativamente ácidas.
- Maduración tardía en la temporada: (octubre, noviembre).
- Brix: 13-18°
- Acidez: 2-3
- % Zumo: 30-45
- Peso máximo aprox.: 800gr

- **ACCO**

Variedad procedente de Israel de reciente introducción en España, la nueva granada ACCO va adquiriendo importancia gracias a su disponibilidad temprana (su consumo es posible desde finales de verano), su dulce sabor y su intenso color rojo tanto los arilos como la piel. Otras características significativas de esta variedad son su durabilidad y la suavidad de sus semillas.

- Cultivo temprano de color rojo.
- Color de la cáscara: rojo a rosado.
- Color de arilos: rojo oscuro.
- Semillas suaves.
- Fecha de maduración en Israel: Medios de Agosto.
- Sabor: dulce, no ácido.
- Peso: 350g.

Tanto Wonderfull como Acco presentan un color rojo intenso. La granada Mollar de Elche presenta unas características organolépticas mejores que las de estas dos variedades, pero el color de su piel y de sus arilos no posee ese color rojo llamativo que atrae al consumidor. Con los elicitores estudiamos la mejora de esta cualidad para hacerla más competitiva en los mercados frente a las otras variedades.

1.6 ELICITORES Y SU APLICACIÓN PRE-COSECHA

Las frutas y hortalizas tienen una amplia riqueza de nutrientes y fitoquímicos entre los que se pueden incluir las proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos como los compuestos fenólicos y glucosinolatos que además de conferirles la capacidad de adaptarse al medio, actúan como moléculas envueltas en los sistemas de defensa de la planta frente a agentes bióticos, fúngicos y virales. Esta composición fitoquímica puede variar en función de factores genéticos (familia, especies o variedades entre otros), factores fisiológicos (órgano, madurez o edad) o factores agronómicos (fotoperiodo, estrés salino o fertilización) (Bellostas, Kachlicki, Sørensen, & Sørensen, 2007), (Martínez-Ballesta, y otros, 2010) y (Pérez-Balibrea, Moreno, & García-Viguera, 2008). Además, se conoce que el uso de tratamientos específicos, como la utilización de elicitors, son herramientas usadas para aumentar la producción metabólica de la planta y mejorar su composición fitoquímica.

Se llaman elicitors aquellas sustancias que inducen un cambio fisiológico en la planta y a partir de la cual se activan una serie de mecanismos similares a las respuestas de defensa que se desencadenan tras la infección de un patógeno o un estímulo del medio, afectando así al metabolismo de la planta y aumentando la síntesis de compuestos fitoquímicos (Baenas, y otros, 2014). Los elicitors se pueden clasificar como compuestos bióticos o abióticos, aunque las hormonas de las plantas también deben ser consideradas elicitors.

La acción de los elicitors hace que existan numerosas publicaciones que estudian con profundidad su uso como una herramienta útil para mejorar el contenido fitoquímico de las plantas, bien aplicado solo o en combinación y seleccionando los momentos clave de aplicación a lo largo del crecimiento del vegetal. Entre los principales efectos que tienen sobre las plantas destacan el aumento de la resistencia sistémica adquirida y/o inducida (Terry & Joyce, 2004) y la estimulación del metabolismo secundario para la síntesis de fitoquímicos (Ruiz-García & Gómez-Plaza, 2013).

1.6.1 ÁCIDO SALICÍLICO Y METIL SALICILATO

El AS es un regulador endógeno del crecimiento de las plantas de naturaleza fenólica que posee un anillo aromático con un grupo hidroxilo o un derivado funcional.

Desde el año 1992, el ácido salicílico (AS) se considera una potente hormona vegetal (Raskin, 1992), que juega un papel importante en la regulación de una gran variedad de procesos fisiológicos durante el crecimiento y desarrollo de la planta, en la interacción de la planta con otros microorganismos y en su respuesta a distintos tipos de estrés, tanto bióticos como abióticos (Raskin, 1992), (Yalpani, Enyedi, León, & Raskin, 1994), (Popova, Pancheva, & Uzunova, 1997) y (Senaratna, Touchell, Bunn, & Dixon, 2000). El efecto más característico del AS es la inducción de la resistencia sistémica adquirida (RSA), y el AS sintetizado como respuesta a la infección se transporta por el floema a otras partes sanas de la planta y en ellas también estimula los sistemas de defensa, protegiendo así a toda la planta de futuras infecciones después del ataque patógeno inicial (Enyedi, Yalpani, Silverman, & Raskin, 1992) y (Alvarez, 2000) y (Beckers & Spoel, 2006).

El salicilato de metilo (MeSa) es un derivado metilado que al ser volátil puede fácilmente difundir a través de las membranas y actúa como una molécula señal volátil a larga distancia. Así, el salicilato de metilo (MeSa) se sintetiza como respuesta a una infección por patógenos y se transporta en estado gaseoso hacia tejidos sanos de esa misma planta o incluso de plantas vecinas, y en esos tejidos desarrolla el sistema de defensa RSA, de manera que esos tejidos sanos de la planta infectada o las plantas vecinas pueden resistir y combatir la futura infección (Hayat, Hayat, Irfan, & Ahmad, 2010).

Efecto del tratamiento precosecha con salicilatos

Aunque existen muchos trabajos que estudian la aplicación postcosecha de salicilatos, todavía no se conoce bien el efecto del uso de estos en precosecha.

Los primeros trabajos existentes se enfocaron en analizar el efecto de estos tratamientos en la inducción de los sistemas de defensa frente al ataque fúngico.

Recientemente se ha estudiado el efecto del tratamiento precosecha de MeSa sobre la calidad y los sistemas antioxidantes de cerezas tanto en el momento de la recolección como durante el almacenamiento en frío, encontrándose un aumento de tamaño y calidad (mejoró el color, la firmeza y sólidos solubles totales) en los frutos tratados con MeSa (Giménez, y otros, 2015) y (Giménez, y otros, 2016) . Además, también se aumentó el contenido en compuestos bioactivos, la actividad antioxidante total (AAT) y la actividad de las enzimas antioxidantes tanto en la recolección como tras 28 días de almacenamiento (Valverde, y otros, 2015), encontrándose resultados similares tras el tratamiento en precosecha con AS y ASA en cerezas (Giménez, y otros, 2014).

Efecto del tratamiento postcosecha con salicilatos

Existen muchos trabajos que estudian el uso de los derivados de salicilato como tratamiento postcosecha de frutas y hortalizas con el fin de mejorar la resistencia natural contra problemas aparecidos en postcosecha, consiguiendo mantener la calidad sensorial y nutricional de los productos frescos y prolongar la vida útil, mediante el uso de tecnologías respetuosas con el medio ambiente.

Uno de los efectos de los salicilatos en postcosecha más estudiados, es su potencial para reducir daños por frío, como 'pitting', decoloración y susceptibilidad a las podredumbres. MeSa provocó un aumento en los niveles de arginina y poliaminas de los tomates (Zhang, Shen, Li, Meng, & Sheng, 2011). Se han encontrado efectos similares en melocotón (Wang & Li, 2006) y (Cao, Hu, Zheng, & Lu, 2010), granada (Sayyari, Babalar, Kalantari, Serrano, & Valero, Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates, 2009) y (Sayyari, Castillo, Valero, Díaz-Mula, & Serrano, 2011b), plátano (Kang, Wang, Sun, & Wang, 2003), ciruela (Luo, Chen, & Xie, 2011) entre otras frutas.

Por otro lado, el tratamiento postcosecha con salicilatos también ha aumentado el contenido en compuestos bioactivos y la actividad antioxidante, lo cual ha contribuido directamente mejorando la calidad. La aplicación de ácido acetil salicílico (AAS) en granadas mantuvo los compuestos bioactivos y actividad antioxidante (Sayyari, Castillo, Valero, Díaz-Mula, & Serrano, 2011b).

Tratamientos postcosecha con MeSa, además de disminuir los daños por frío, mejoraron la vida útil y aumentaron la capacidad antioxidante, y disminuyeron la incidencia de ataque fúngico en tomates cherry (Zhang, Shen, Li, Meng, & Sheng, 2011), en granadas almacenadas (Sayyari, Castillo, Valero, Díaz-Mula, & Serrano, 2011b), y en mangos y tomates (Glowacz & Rees, 2015).

1.6.2 METIL JASMONATO

El ácido jasmónico (AJ), el jasmonato de metilo (JaMe) y otros de sus derivados forman parte de un grupo de hormonas que se han descubierto recientemente si las comparamos con otras hormonas de las plantas como las auxinas, el ácido abscísico, las citoquininas, el ácido giberélico o el etileno, y participan en la regulación de diversos procesos de las plantas como son el crecimiento y la respuesta a estreses abióticos y bióticos (Creelman & Mullet, 1997) y (Wasternack, 2015).

El JaMe es un compuesto volátil de manera natural, del cual existe evidencia de que su tratamiento postcosecha reduce los síntomas de los daños por frío e inhibe la infección fúngica.

El jasmonato de metilo está clasificado por la FDA como una sustancia GRAS y con un alto potencial de mercado (FDA-EPA, 2013), por lo que ha suscitado mucho interés como posible herramienta segura y respetuosa con el medio ambiente para mejorar la calidad del fruto en el momento de la recolección y durante su conservación.

Efectos del tratamiento precosecha con JaMe

Aunque existe una gran cantidad de estudios disponibles sobre los tratamientos postcosecha con JaMe, la información del efecto del tratamiento precosecha con JaMe sobre los atributos de calidad del fruto en el momento de la cosecha y durante su conservación es bastante limitada y muchos de los estudios hablan sobre la inducción de este sobre la resistencia sistémica, como por ejemplo su eficacia en reducir la infección de *Monilinia fructicola* en cerezas (Yao & Tian, 2005).

En conclusión, la aplicación de JaMe, tienen un gran potencial para la industria agroalimentaria gracias a su efecto beneficioso sobre los atributos de calidad (organolépticos, nutritivos y compuestos bioactivos). Estos beneficios se podrían obtener tanto en la aplicación de tratamientos precosecha como postcosecha. Especialmente, el tratamiento precosecha con JaMe podría considerarse como una forma simple, económica y de fácil aplicación, por lo que se puede proponer como una práctica recomendable para aumentar la calidad del fruto y el contenido de compuestos fenólicos específicos con beneficios importantes para la salud.

Efectos del tratamiento postcosecha con JaMe

Muchos de los conocimientos sobre el efecto de JaMe en los atributos de calidad y maduración de los frutos se han enfocado en su capacidad de reducir diferentes estreses inducidos durante el periodo postcosecha, como los daños por frío, la infección por algunos patógenos y el estrés mecánico, entre otros (Peña-Cortés, y otros, 2005) y (Sayyari, y otros, 2011).

Además, se ha comprobado como el tratamiento postcosecha con JaMe promueve la maduración climatérica de los frutos climatéricos aumentando la producción de etileno en melocotón, mango, tomate y manzana (Peña-Cortés, y otros, 2005) al igual que en ciruelas (Khan & Singh, 2007), y en frutos no climatéricos como la frambuesa (Concha, y otros, 2013).

El efecto de JaMe como tratamiento postcosecha ha sido efectivo tras reducir el desarrollo de los síntomas de daños por frío en un gran número de cultivos hortícolas como guayaba (González-Aguilar, Tiznado-Hernández, Zavaleta-Gatica, & Martínez-Téllez, 2004), limón (Siboza, Bertling, & Odindo, 2014), granada (Sayyari, y otros, 2011), melocotón (Jin, y otros, 2013) y banana (ZHAO, y otros, 2013).

El uso de JaMe en postcosecha también incrementó la concentración de compuestos bioactivos en granada, fresa y mora durante su conservación en frío (Chanjirakul, Wang, CY, & Siriphanich, 2006) y (Sayyari, y otros, 2011).

Por otro lado, existen muchos estudios que muestran la efectividad de JaMe para reducir las enfermedades postcosecha en productos hortofrutícolas, posiblemente por la supresión directa del crecimiento de patógenos y/o induciendo indirectamente la resistencia a las enfermedades, debido a la resistencia sistémica adquirida (RSA) como una molécula señal (Beckers & Spoel, 2006).

1.6.3 ÁCIDO OXÁLICO

El ácido oxálico (AO) es uno de los ácidos orgánicos más fuertes que se ha detectado en varios organismos, incluidos animales, plantas y hongos (Hodgkinson, 1977). Su presencia y distribución varía enormemente dependiendo de los organismos y en especial, en las plantas, las concentraciones más altas de oxalato se suelen encontrar normalmente en las hojas y las más bajas en las raíces. Además, el contenido de oxalato en plantas puede variar dependiendo de la edad, la temporada, el clima y el tipo de suelo y esta variación es diferente en cada planta (Çaliskan, 2000).

Efecto del tratamiento precosecha con AO

Aunque el uso del ácido oxálico como tratamiento postcosecha está muy estudiado, en la actualidad está cobrando más interés el estudio del AO como

tratamiento precosecha, debido a que los tratamientos postcosecha en frutos, aunque estos son compuestos naturales, tienen limitaciones legales y provocan preocupaciones entre los consumidores. Por tanto, cada vez se hacen más necesarias las investigaciones sobre la capacidad de los tratamientos precosecha en aumentar la calidad de los frutos tanto en el momento de la recolección como durante el almacenamiento. Sin embargo, por lo que se conoce, existen muy pocas publicaciones recientes que han estudiado el efecto del tratamiento precosecha con AO.

Efecto del tratamiento postcosecha con AO

Existen gran cantidad de trabajos que estudian el efecto que produce el tratamiento postcosecha con AO en los frutos. Uno de los efectos más claros del AO en postcosecha es la disminución de los daños por frío en una gran variedad de frutos sensibles, encontrándose efectos distintos en los diferentes frutos estudiados. En granada, el tratamiento postcosecha con AO disminuyó las pérdidas de compuestos fenólicos totales y aumentó de manera significativa tanto el contenido de ácido ascórbico como la AAT-H (Sayyari, y otros, 2010).

Otro de los efectos del tratamiento postcosecha con AO es el de disminuir el proceso de maduración y senescencia en diferentes frutos, manteniendo su calidad postcosecha.

En frutos no climatéricos como la cereza, manifiesta menores pérdidas en la acidez, firmeza y cambios de color, manteniendo los atributos de calidad de los frutos durante más tiempo en comparación con frutos no tratados (Valero, y otros, 2011) y (Valverde, y otros, 2015), al igual que en granadas (Sayyari, y otros, 2010).

La aplicación postcosecha con AO permitió disminuir las pérdidas en el contenido total de fenoles y aumentó el contenido de ácido ascórbico y la AAT-H en granadas (Sayyari, y otros, 2010).

El AO también ha sido efectivo en aumentar la actividad de enzimas antioxidantes que tienen un papel fundamental en muchos estreses postcosecha

en los vegetales y que a su vez ayudan a mantener la calidad durante el almacenamiento.



2 OBJETIVOS

El objetivo del trabajo es la aplicación de elicitors en precosecha para estudiar el aumento de la coloración tanto de la piel de la granada como de los arilos con el fin de hacerla más competitiva en los mercados. Para ello, se han aplicado los elicitors en campo en precosecha (Jasmonato de metilo, Ácido salicílico, Salicilato de metilo y Ácido oxálico) y se evaluará la calidad de la granada en el momento de la recolección y su actitud para la conservación.

Pero además del color, también observaremos los efectos de estos compuestos en otros factores de la calidad del fruto a lo largo de su tiempo de conservación. Estos factores son:

- pérdida de peso.
- Tasa de respiración.
- Producción de etileno.
- Sólidos solubles.
- acidez total.



3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIAL VEGETAL

El experimento se llevó a cabo en una finca comercial situada en la localidad de Elche, al sur de Alicante (España), sobre granadas de la variedad 'Mollar de Elche'. Los árboles de 8 años de antigüedad y con un marco de plantación de 6 x 5 m. Se seleccionaron 3 bloques de 2 árboles de forma aleatoria.



fotografía 1. Finca comercial de granados situada en Elche utilizados en el ensayo.

3.2 APLICACIÓN PRE-COSECHA DE ELICITORES

Los árboles fueron tratados con los elicitors metil salicilato (MeSa), ácido oxálico (AO), ácido salicílico (AS) y jasmonato de metilo (JaMe) (Sigma Aldrich, Madrid).

Las concentraciones ensayadas fueron 10 mM para MeSa, AO y AS y 5 mM para JaMe, y un tratamiento control con agua destilada.

Los tratamientos se aplicaron, mediante pulverización foliar con soluciones recién preparadas conteniendo 1 mL L⁻¹ Tween-20, usando un pulverizador mecánico y aplicando 3 L por árbol, como puede verse en la fotografía 2. Se realizaron un total de cuatro aplicaciones, en las fechas indicadas en la ilustración 1, realizándose el último tratamiento 14 días antes de la recolección.



Ilustración 1. Fechas de aplicación de los tratamientos Pre-cosecha.



fotografía 2. Aplicación foliar por spray de los tratamientos sobre los granados

3.3 RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO POST-COSECHA

Los frutos fueron recolectados en base al criterio comercial de color y tamaño. Los frutos recolectados fueron usados para analizar la tasa de respiración y los parámetros de calidad (firmeza, pérdida de peso, color de la piel y de los arilos) en el momento de la recolección y tras 30, 60 y 90 días de almacenamiento a 4°C, como puede verse en la ilustración 3 mostrada a continuación.

Inmediatamente después de la recolección, frutos de cada bloque tratado fueron transportados al laboratorio, donde se realizaron 4 lotes de 15 frutos homogéneos en tamaño, color y defectos visuales para cada replica y tratamiento. Un lote fue usado para medir las propiedades en el momento de la recolección (día 0), mientras que el resto se muestrearon tras 30, 60 y 90 días, almacenadas a 4°C y con una humedad relativa comprendida entre 85-90% más 3 días de self-life a temperatura ambiente (20°C y HR del 70%) para ver los síntomas que tiene el fruto por daños por frío y simular el tiempo en el que una granada está en comercialización en el mercado, en el frutero de la casa del consumidor, etc., y después de los cuales se realizaron las determinaciones analíticas: tasa de respiración, producción de etileno, sólidos solubles, acidez total, pérdida de peso y color de la piel y de los arilos.

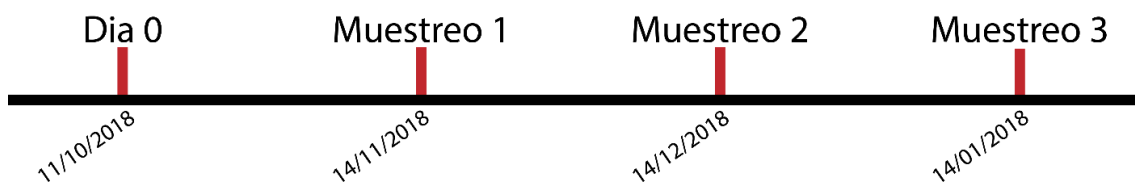


Ilustración 2. Fechas de muestreo durante el almacenamiento.

3.4 DETERMINACIÓN DURANTE EL ALMACENAMIENTO

3.4.1 PÉRDIDAS DE PESO

El peso se determinó mediante una balanza Radwag WLC2/A2 (Radwag Wagi lektroniczne) con dos cifras decimales de precisión, y se expresó en gramos. Se pesaron los frutos de cada lote en cada uno de los muestreos realizados durante el almacenamiento, expresando estas pérdidas de peso como porcentaje con respecto al peso del día 0 y los resultados son la media \pm ES de las tres réplicas.

3.4.2 TASA DE RESPIRACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ETILENO

Para determinar la tasa de respiración y la de producción de etileno se utilizó el sistema estático propuesto por Kader (1992) que implica encerrar el producto en un recipiente de cierre hermético por un periodo de tiempo conocido. Para realizar estas medidas se introdujeron 5 frutos de cada réplica, de peso conocido, en frascos de vidrio de 4,6 L de capacidad con tapadera de cierre hermético. Esta tapadera constaba de un septum, válvula de material elastómero, que permitió, transcurridos 45 minutos, tomar una muestra del aire de cabeza de los botes con jeringas de 1 mL cada una.

La tasa de producción de CO₂ se cuantificó usando un cromatógrafo de gases Shimadzu™ GC-14B con un detector de conductividad térmica (TCD) y una columna de relleno concéntrica CTR I (ALLTECH). Los resultados para la tasa de respiración fueron la media \pm ES y se expresaron como mg CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹.

Por otro lado, para la cuantificación de la producción de etileno se utilizó un cromatógrafo de gases (TMGC-2010, Shimadzu, Kyoto, Japan), equipado con un detector de ionización de llama, expresando sus resultados en nmol kg⁻¹.



fotografía 3. Recipientes herméticos para la determinación de la tasa de respiración y producción de etileno.

3.4.3 SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES Y ACIDEZ TOTAL

Los sólidos solubles totales (SST) fueron medidos por duplicado utilizando el zumo obtenido de los arilos de cada lote mediante refractometría. Para ello se utilizó un refractómetro digital Atago PR-101 a 20°C, expresándose como °Brix (media \pm ES).

La acidez total (AT) fue analizada por duplicado por titulación de 1 mL del mismo zumo utilizado en los SST, con NaOH hasta un pH de 8.1, expresando el resultado como porcentaje de ácido cítrico.

3.4.4 DETERMINACIÓN DEL COLOR

La determinación del color se realizó mediante dos métodos distintos: colorimetría y análisis de imagen.

a. COLORIMETRÍA

La medida de color se determinó en la superficie de cada cara de los 20 frutos para cada réplica, usando un colorímetro Minolta (CRC 200, Minolta

Camera Co., Japón), usando las coordenadas CIELab (L^* , a^* , b^*) y expresando los resultados como el ángulo Hue ($\arctg(b^*/a^*)$). Los datos son el resultado de la media \pm ES de 15 frutos.

Para su determinación, se situó el aparato en la zona ecuatorial del fruto y se tomaron dos medidas con tres réplicas cada una, entre las cuales se desplazaba el colorímetro unos centímetros del punto anterior, recorriendo el perímetro del fruto. Este proceso se repitió en todas las granadas de cada réplica, lote y día de ensayo.

b. ANÁLISIS DE IMAGEN

En la determinación de los parámetros de color mediante software de imagen se han utilizado las imágenes de las granadas ensayadas tomadas con una cámara digital Nikon D3400 dentro de una caja de luz y fondo negro. La configuración de la cámara y condiciones durante la toma de imágenes fue la siguiente: la iluminación fue proporcionada por dos focos led de temperatura de color de 5600 K, velocidad de $1/5s$, ISO-200, apertura focal (f) 20 y longitud 35 mm.

En la determinación del color externo se tomaron imágenes frontales y traseras de las réplicas de cada tratamiento, colocando 5 granadas al mismo tiempo, tal y como puede observarse en la fotografía 4. Se capturaron un total de seis imágenes (dos por réplica), por tratamiento y en cada muestreo, incluido el día de la recolección.



fotografía 4. Imágenes tomadas para el análisis de imagen del color externo.

Para el color de los arilos, las granadas fueron cortadas por la mitad, fotografiando una de las mitades resultantes, como se muestra a continuación en la fotografía 5. Estas imágenes se guardaron en formato JPEG y se analizaron usando el software ImageJ v1.52a (NIH Image, National Institutes of Health, Bethesda, USA), obteniendo así los parámetros L, a^* y b^* que, a su vez, han permitido calcular el ángulo Hue.



fotografía 5. Imagen de las mitades de granada para el análisis de imagen de los arilos.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PESO

Es bien conocido que cuando los frutos son recolectados y separados del árbol pierden su fuente de agua y nutrientes y tienden a perder agua a través de la respiración y, como consecuencia, reducen también su peso. Durante el almacenamiento postcosecha de la granada se producen pérdidas de calidad debido a la deshidratación que sufre el fruto siendo este problema más acusado cuando se almacenan a temperaturas inferiores a 5°C (Elyatem & Kader, 1984). Sin embargo, si almacenamos a temperaturas mayores provocamos una reducción de la vida útil, debido a la aceleración del proceso de maduración, a la deshidratación y a la incidencia de podredumbres, por lo que se hace necesario el almacenamiento a bajas temperaturas.

En el gráfico 1 se muestra el efecto de los diferentes elicitors aplicados en precosecha sobre el porcentaje de pérdida de peso de las granadas. Se pueden apreciar ligeras diferencias según el compuesto aplicado que varían en función de los días en conservación.

A los 30 días de almacenamiento refrigerado más los 3 días a temperatura ambiente, los frutos control sufrieron una pérdida de peso de algo más del 10%, al igual que las frutas tratadas con ácido oxálico; en el resto de elicitors ensayados se pudo observar unas pérdidas de peso por debajo del 10%, siendo el ácido salicílico el que menores pérdidas de peso sufrió, un 8% de su peso al mes de la recolección.

Tras 60 días de conservación, las granadas control alcanzaron unas pérdidas de peso del 14%. El ácido salicílico, al igual que el metil salicilato y el ácido oxálico sufrieron un efecto contrario al muestreo anterior, es decir, elevaron el porcentaje de pérdidas de peso, hasta un valor aproximado de 15%. En cambio, el jasmonato de metilo consiguió rebajar las pérdidas aproximadamente en un 1% con respecto al control.

Porcentaje Pérdida de Peso Granada Mollar Pre-cosecha

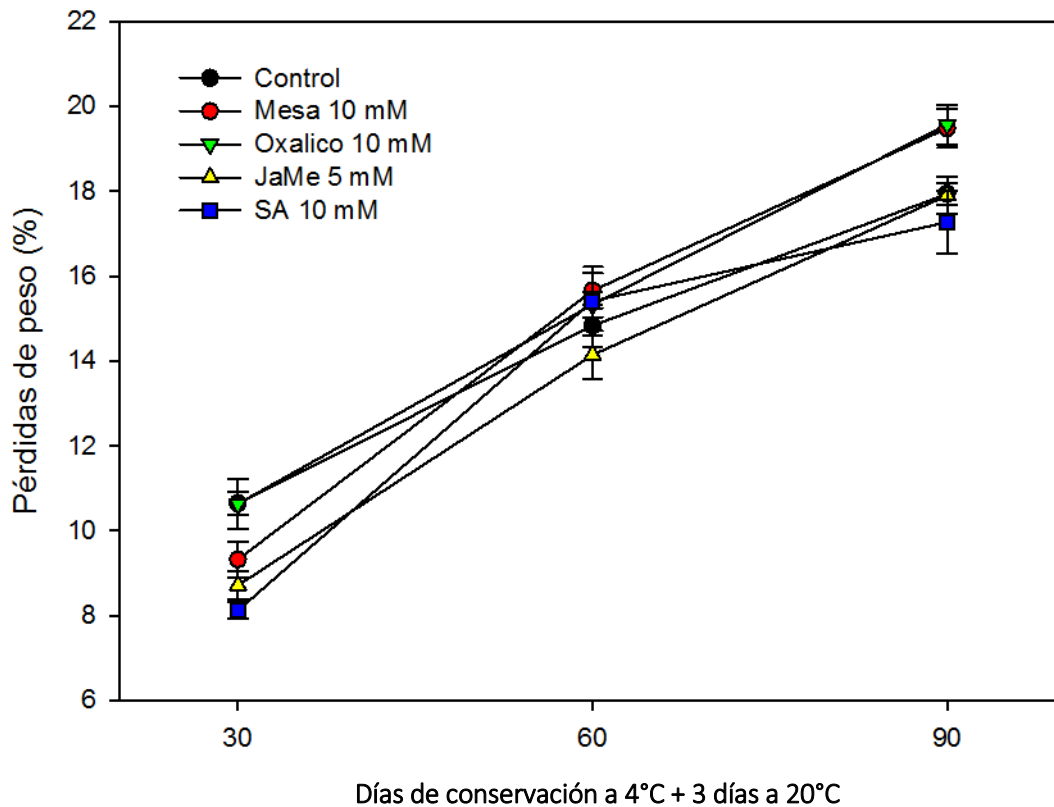


Gráfico 1. Porcentaje pérdida de peso de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.

Otro problema que aparece durante la postcosecha de granada es el pardeamiento tanto de la piel como de los arilos, problemas que incrementan a temperaturas inferiores a 5°C (Elyatem & Kader, 1984). Sin embargo, si almacenamos a temperaturas mayores provocamos una reducción de la vida útil, debido a la aceleración del proceso de maduración, a la deshidratación y a la incidencia de podredumbres, por lo que se hace necesario el almacenamiento a bajas temperaturas. También se han descrito pérdidas de compuestos bioactivos como antocianinas y ácido ascórbico (Miguel, Dandlen, Antunes, Neves, & Martins, 2004) y (Martí & Perez-Vicente, 2001) que reducirían la actividad antioxidante a lo largo del almacenamiento de estos frutos (Gil & Valdés, 1996) y (Artés, Tudela, & Villaescusa, 2000).

4.2 TASA DE RESPIRACIÓN

La respiración en frutos tanto climatéricos como no climatéricos, como es el caso de la granada, es determinante en su vida postcosecha. Por tanto, presumiblemente, cuando mayor sea la respiración de los frutos menor será su vida útil, ya que el incremento en la tasa de respiración nos estaría indicando una degradación de las sustancias de reserva mayor, con el fin de obtener más energía para los procesos metabólicos (Valero & Serrano, 2010). Desde este punto de vista los frutos recolectados en el estado de madurez más avanzado mostrarían un descenso de la vida útil que sería ligeramente más acelerado que el resto de los frutos.

Durante la respiración se produce la oxidación de las propias reservas de almidón, azúcares y otros metabolitos del fruto. Empieza a ser un factor de gran importancia a partir de la recolección de la granada, ya que no se pueden suplir dichas reservas.

Los resultados obtenidos para la tasa de respiración de las granadas en el momento de la recolección (gráfico 2) fue variable dependiendo del tratamiento realizado, obteniendo la mayor tasa de respiración en las granadas tratadas con JaMe 5 mM ($24 \text{ mg CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$), seguida por la respiración de las granadas control ($20 \text{ mg CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$), siendo menores para el resto de tratamientos, con valores de $12 \text{ mg CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ en el caso de SA 10 mM.

Tras 30 días de almacenamiento, se obtuvieron menores tasas de respiración en todas las granadas tratadas con respecto a los frutos control, siendo menor la tasa de respiración obtenida en las granadas tratadas con salicilato de metilo. Se produjo un descenso de la tasa de respiración durante los siguientes 30 días de almacenamiento (60 días) que se mantuvo hasta el final del periodo de conservación (90 días), y no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos realizados.

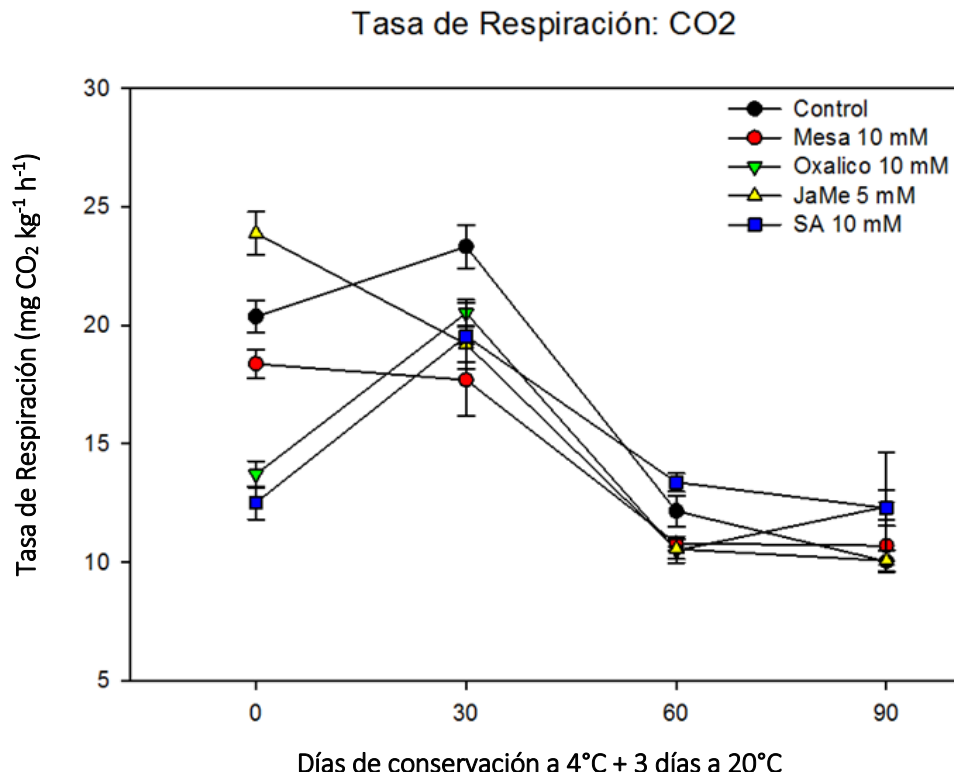


Gráfico 2. Tasa de respiración de CO₂ de granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.

4.3 ETILENO

Los frutos no climatéricos, tales como la cereza, uva, pimiento y cítricos, entre otros, presentan una disminución gradual en su patrón de respiración y producción de etileno durante el proceso de maduración. El control hormonal de la maduración en frutos no climatéricos se ha relacionado con el ácido abscísico (ABA). Este comportamiento fisiológico de los frutos tiene gran relevancia en las tecnologías post-cosecha que son efectivas para preservar la calidad (Valero & Serrano, 2010). De hecho en frutos no climatéricos un fallo en la producción de etileno puede acarrear problemas en el desarrollo del fruto.

Es muy importante saber controlar los niveles de etileno para poder regular su proceso de maduración y así conseguir la máxima calidad del producto a la hora de ser consumido.

En el gráfico 3 se muestran los resultados obtenidos para la producción de etileno. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en el momento de la recolección entre los diferentes tratamientos aplicados.

Durante el primer mes de almacenamiento refrigerado se produjo un aumento de la tasa de producción de etileno, obteniendo diferencias estadísticamente significativas en todos los tratamientos realizados excepto con el salicilato de metilo 10 mM con respecto al control.

Tras 60 días de conservación la producción de etileno disminuyó bruscamente, alcanzando los valores mínimos. Para esta fecha, las granadas control presentaban un valor menor a 0.2 nmol/kg. Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Al final del periodo de conservación, la producción de etileno de todos los frutos aumentó, siendo mayor la producción de etileno obtenida en los frutos control (1 nmol/kg), obteniéndose los mejores resultados en los frutos tratados con metil jasmonato.

Producción de Etileno

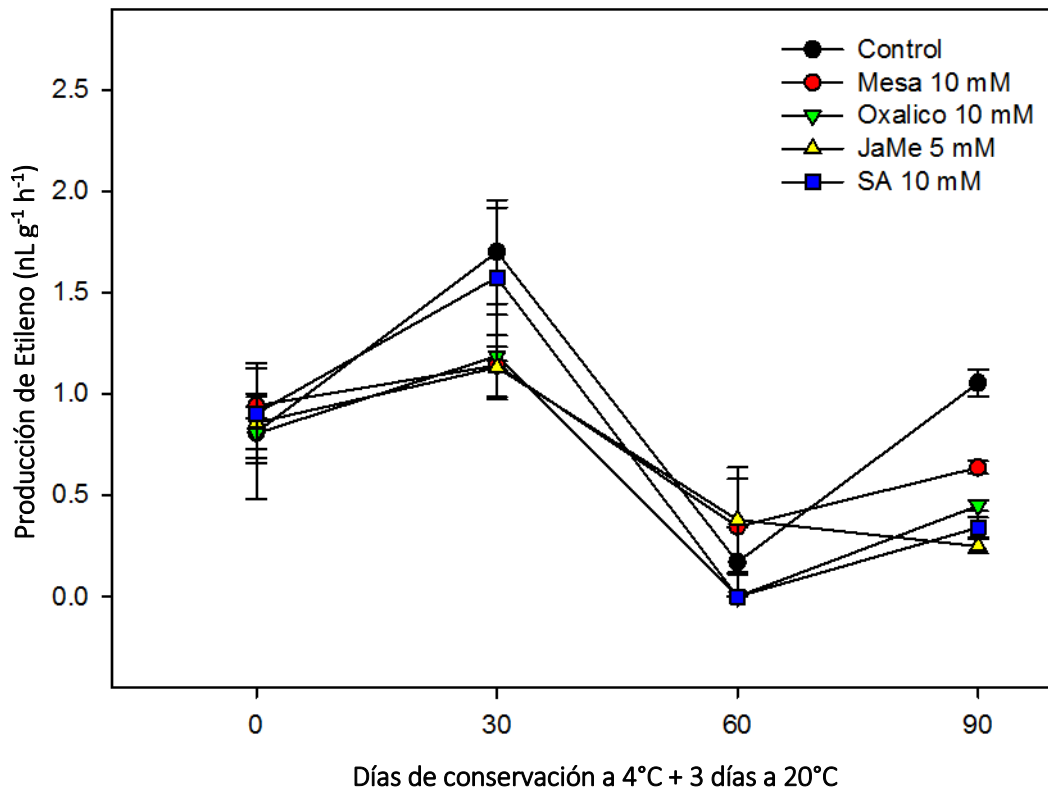


Gráfico 3. Producción de etileno de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media \pm ES.

4.4 SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES Y ACIDEZ TOTAL

4.4.1 SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

Las granadas control tuvieron una concentración comprendida entre 17 y 18 °Brix en el momento del almacenamiento. Los sólidos solubles a lo largo del tiempo de conservación sufrieron variaciones muy leves. En el gráfico 4 se observa un descenso de este parámetro hasta un valor de 16 °Brix en el primer mes para luego volver a ascender para el resto del periodo de conservación del fruto alcanzando valores cercanos a 17 °Brix.

En el momento de la recolección las diferencias entre los frutos tratados y control son mínimas, indicando que los tratamientos no han producido cambio alguno en este parámetro durante la precosecha. Por la escasa variación de los valores a lo largo del ensayo y siendo la granada un fruto no climatérico, podemos presuponer que estas variaciones son más dependientes de la variabilidad del propio fruto que de los posibles efectos producidos por los elicitores aplicados.

Con el transcurso del tiempo, JaMe 5 mM mantuvo la concentración inicial de estos frutos, de unos 17 °Brix aproximadamente, a lo largo de los tres meses de conservación, con ligeros cambios no significativos. Mesa 10 mM y AO 10 mM también elevó los SST en comparación con el control durante los primeros 30 días de conservación; a partir de los 40 días aproximadamente, éstos tomaron valores menores a los del control, donde alcanzaron los mínimos a los 60 días con 16 °Brix y por debajo las granadas tratadas con SA 10 mM.

A partir de los 60 y hasta los 90 días de conservación, tanto los elicitores como el control aumentaron su concentración en SST, pero siempre las tratadas con elicitores con niveles menores, a excepción del JaMe que mantuvo su concentración constante, como se ha comentado anteriormente.

Sólidos Solubles Totales Granada Mollar Pre-cosecha

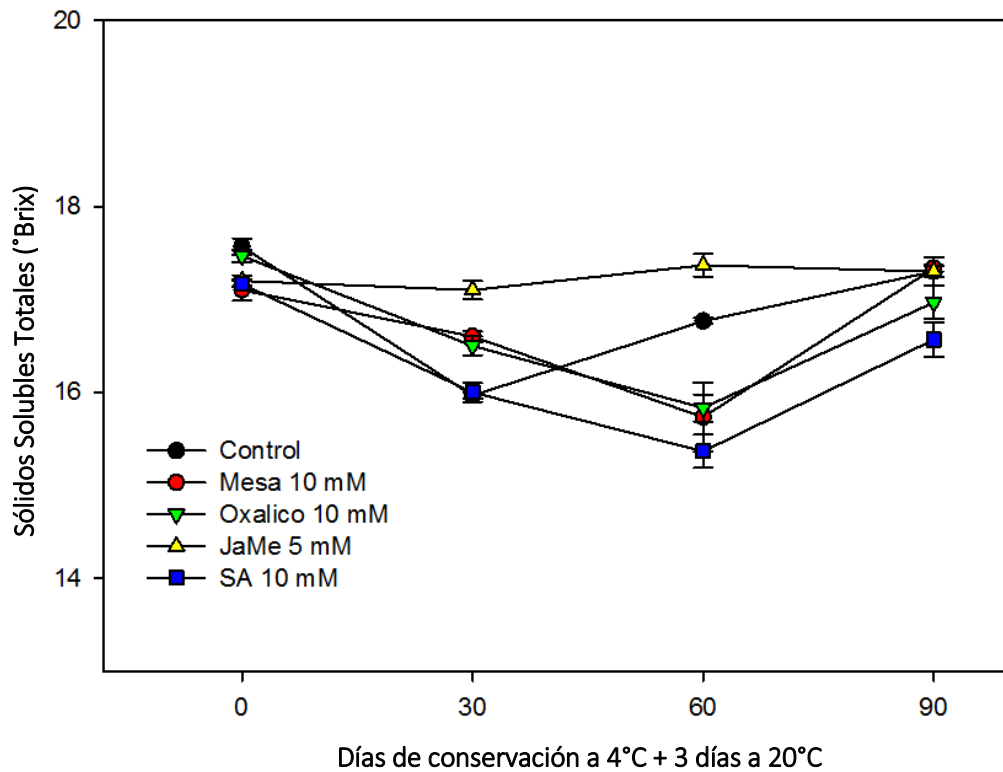


Gráfico 4. Sólidos solubles de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media \pm ES.

4.4.2 ACIDEZ TOTAL

Los resultados de acidez total mostraron que la concentración de ácido cítrico tanto en las granadas tratadas como en el control estuvo alrededor de 0.45% en el momento de la recolección y se mantuvo constante durante el almacenamiento refrigerado, no observándose efecto de la aplicación de los diferentes elicitores aplicados sobre la acidez de las granadas (grafico 5).

Acidez total - Granada Mollar Pre-cosecha

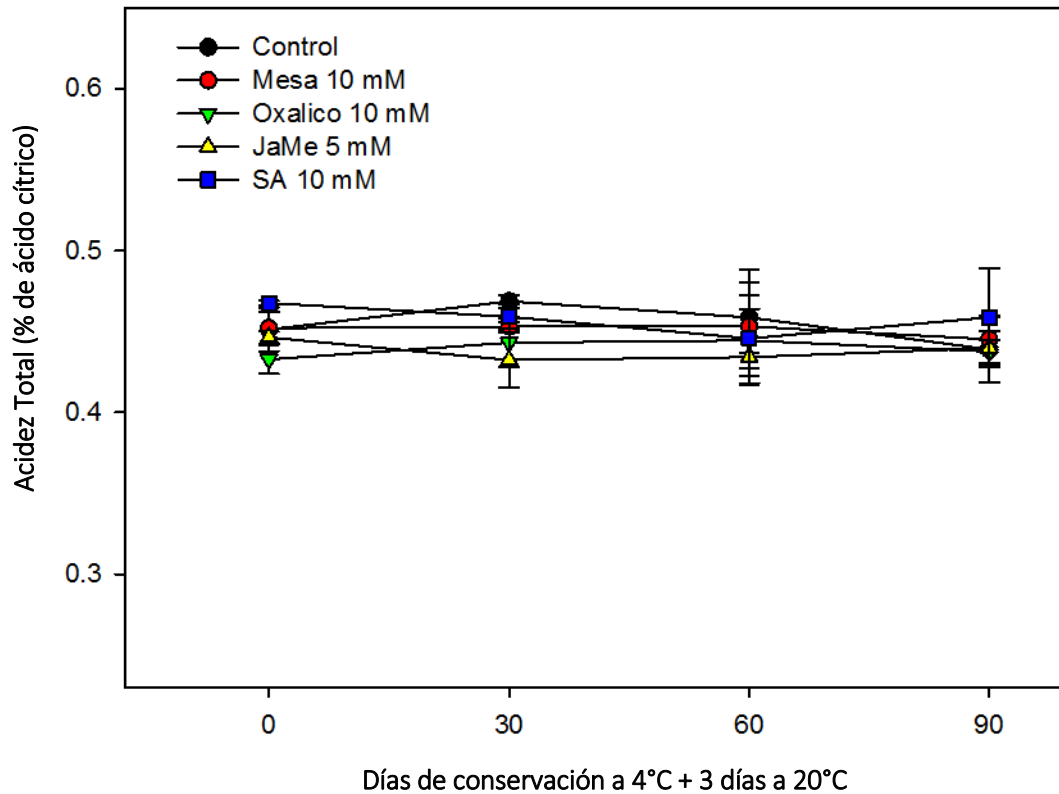


Gráfico 5. Acidez total de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media \pm ES.

4.5 DETERMINACIÓN DE COLOR MEDIANTE IMAGEJ

4.5.1 COLOR DE LA PIEL DE LA GRANADA CON IMAGEJ Y CON COLORÍMETRO

Las determinaciones de color de la piel del fruto se han llevado a cabo de dos formas, mediante la utilización del colorímetro con un total de 6 datos por fruto, y mediante el análisis de la imagen con el programa informático ImageJ. Por otro lado, el color de los arilos ha sido analizado únicamente con el programa informático.

4.5.1.1 Luminosidad de la piel

El valor de la luminosidad va de cero para el negro hasta 100 para el blanco, siendo el 50 el color gris.

En los gráficos 6 y 7 se comparan los resultados obtenidos para el parámetro L^* mediante colorimetría y análisis de imagen. La primera (grafico 7) dio valores con errores muy dispares y en donde no se observan diferencias significativas entre el control y los elicitores.

Sin embargo, los resultados obtenidos por el software informático (gráfico 6) muestran como las granadas control van perdiendo luminosidad con el transcurso del tiempo, desde un valor mayor a 67 de L^* en el momento de la recolección a un valor cercano a 64 de L^* tras 90 días de almacenamiento a 4 °C más 3 días a temperatura ambiente.

Para los tratamientos con MeSa 10 mM y JaMe 5 mM, se obtuvieron mayores valores de luminosidad con respecto al control, siendo las granadas tratadas con JaMe las que mayor luminosidad presentaban durante todo el periodo de almacenamiento.

Por otro lado, el ácido salicílico a penas tuvo un efecto sobre la luminosidad de la piel de la granada. Y el ácido oxálico dio valores levemente más bajos que el control, lo que supone una luminosidad más baja y por lo tanto, posibilidad de más coloración roja.

Luminosidad (L*) Externa Granada Mollar Pre-Cosecha

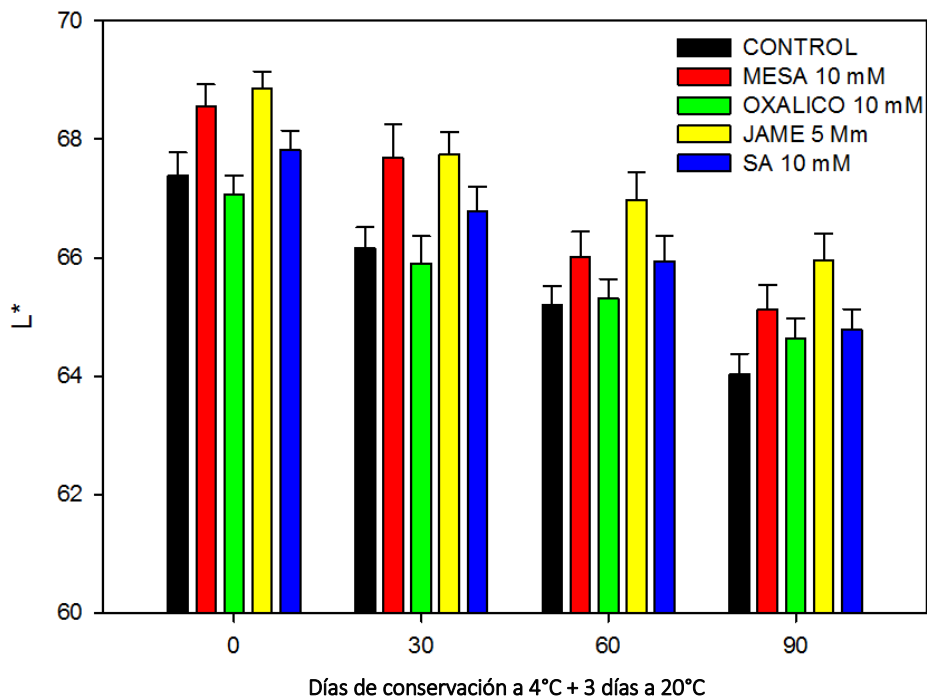


Gráfico 6. Luminosidad externa de la granada Mollar de Elche analizada con ImageJ, tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.

Luminosidad (L*) Externo Granada Mollar Pre-cosecha

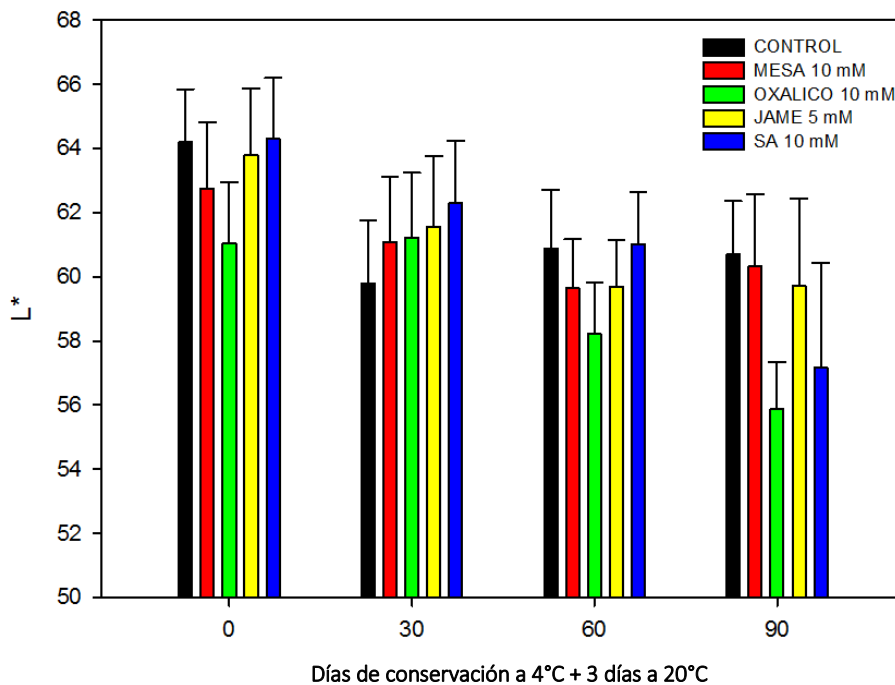


Gráfico 7. Luminosidad medida con el colorímetro de la piel de la granada Mollar de Elche, tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.

4.5.1.2 Parámetro a^* del color de la piel

El valor de a^* expresa la diferencia entre los colores rojo y verde. Cuanto más positivo es un valor, más rojo y cuanto más negativo es, más tonalidad verde.

Al igual que en el caso anterior los resultados obtenidos con el colorímetro fueron valores muy variables (gráfico 9), con márgenes de error elevados. Se puede observar como las granadas tratadas con ácido oxálico obtuvieron los valores más elevados para el parámetro a^* .

En el gráfico 8 se muestra el efecto de los diferentes elicitores aplicados sobre el parámetro a^* del color analizado con ImageJ. Las granadas control tuvieron un valor de a^* en torno a 32 unidades, y no se observan cambios significativos a lo largo de su almacenamiento.

Se observa que el ácido oxálico 10 mM es el único elicitor que mejoró la tonalidad rojiza de las granadas con respecto al tratamiento control, encontrándose las mayores diferencias en el momento de la recolección, y estas diferencias se mantuvieron durante los 90 días de conservación.

Respecto al resto de los elicitores, obtuvieron valores por debajo de los 32 de a^* . SA 10 mM se acercó en algunos momentos a igualar el valor de las granadas control, pero no es lo esperado. Los otros dos compuestos, MeSa 10 mM y JaMe 5 mM se quedaron en valores por debajo de los 30 de a^* durante todo el almacenamiento de las granadas.

a* (rojo-verde) Externo Granada Mollar Pre-Cosecha

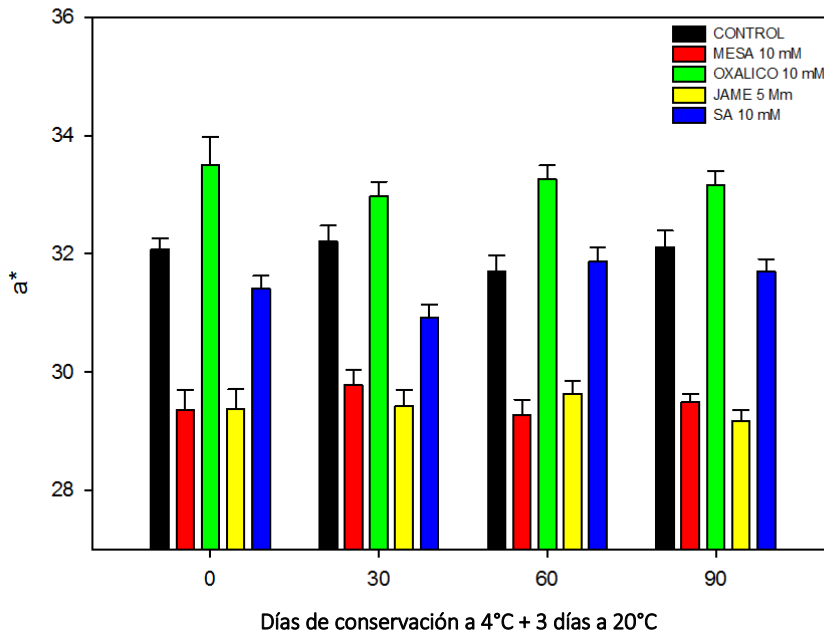


Gráfico 8. Parámetro a* de la piel de la granada Mollar de Elche analizada con ImageJ, tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES

a* (rojo-verde) Externo Granada Mollar Pre-cosecha

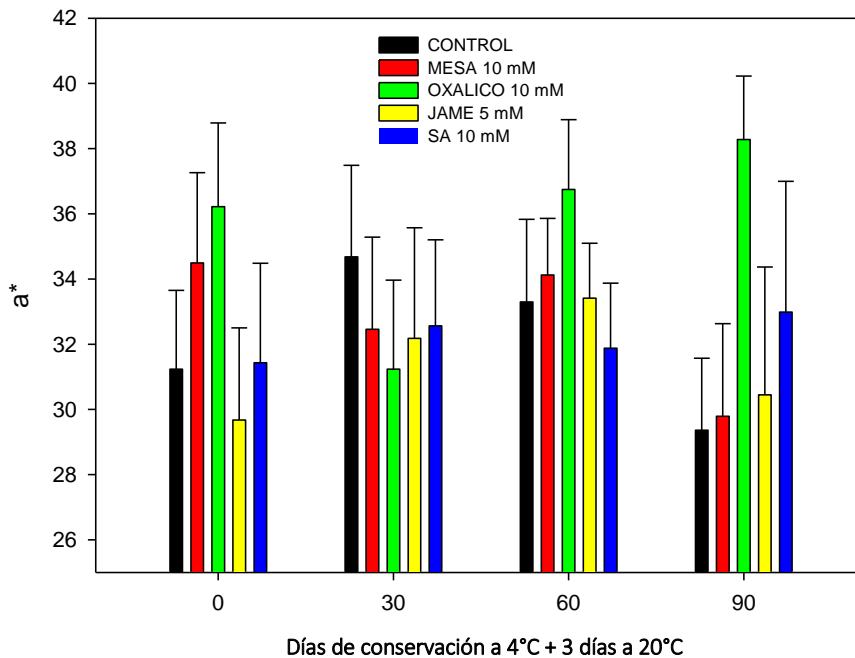


Gráfico 9. Parámetro a* de color de la piel con colorímetro de la granada Mollar de Elche, tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.

4.5.1.3 Parámetro b^* del color de la piel

El valor de b^* nos muestra la diferencia entre los colores amarillo y azul. Valores positivos indican amarillo y valores negativos indican color azul.

En los gráficos 10 y 11 se muestra la variación del parámetro b^* medido mediante ImageJ y colorimetría respectivamente. Los valores de los dos métodos son bastante diferentes, pero como se ha mencionado en los anteriores parámetros nos fijamos más por el programa informático, ya que analiza la superficie de la granada en su totalidad y sus valores no presentan tanto margen de error como en el equipo manual.

En el gráfico 10 se observa que las barras de los 5 tratamientos son proporcionales en los diferentes días de muestreo, es decir, que se observa la misma tendencia en los resultados. Observamos que las granadas en general tuvieron un valor de b^* mayor al inicio de su periodo de su conservación, pero decreció con el paso del tiempo. En el caso de las granadas control se tuvo un valor de b^* que rondó 51 unidades a principios del almacenamiento y descendió a 49 aproximadamente a los 90 días de conservación. Esto es debido a la degradación que sufren los pigmentos que le dan el color. Los elicitores, con las concentraciones ensayadas en este trabajo, apenas tuvieron un efecto significativo sobre los frutos. MeSa y JaMe rebajaron el valor del control unas décimas los primeros dos meses. El resto de los elicitores se han mantenido aproximadamente en los mismos valores del tratamiento control durante todo el almacenamiento.

b* (amarillo - azul) Externo Granada Mollar Pre-cosecha

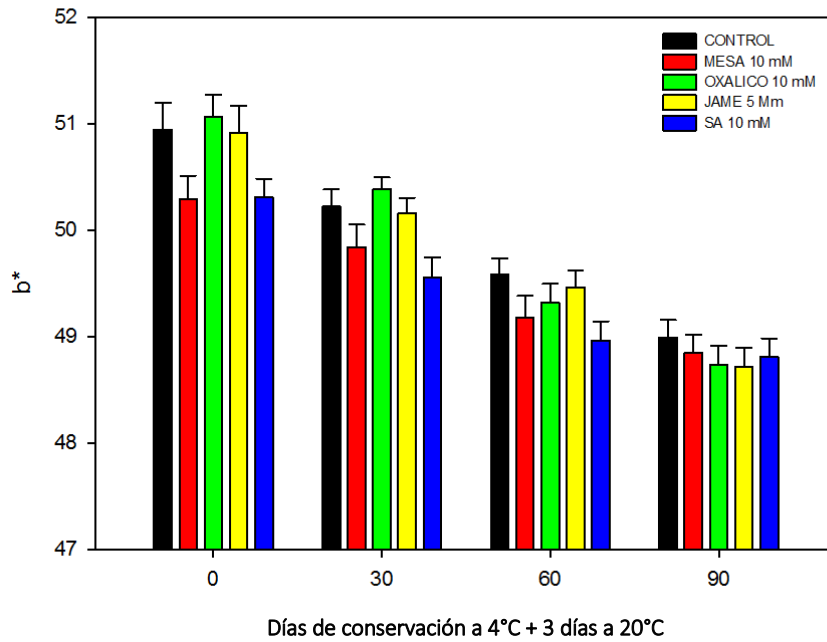


Gráfico 10. Parámetro b* del color de la piel analizado con ImageJ de la granada Mollar de Elche, tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.

b* (amarillo-azul) Externo Granada Molar Pre-cosecha

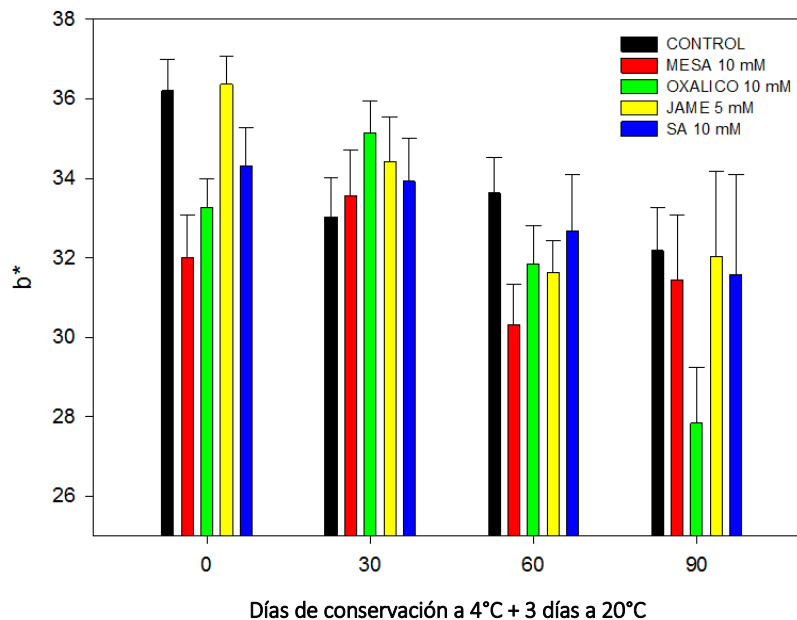


Gráfico 11. Parámetro b* color de la piel con colorímetro de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.

4.5.1.4 Ángulo Hue de la piel

Para identificar un color podemos hablar de matiz, que es como se percibe el color: rojo, anaranjado, verde, azul, etc. El ángulo Hue es lo que conocemos como el matiz de un color y se calcula a partir de los otros parámetros del color: L^* , a^* y b^* , donde el parámetro a^* es el que más influye y de forma directa.

El matiz es la definición que se le da a la diferencia de un color a otro; permite clasificarlos en términos de rojo, verde y azul y sus matices. Se refiere a la ligera variación de tono que un color hace en la lista cromática.

Se le llama ángulo de color ya que se expresan en grados, por lo que también es llamado ángulo Hue (fig. 6).

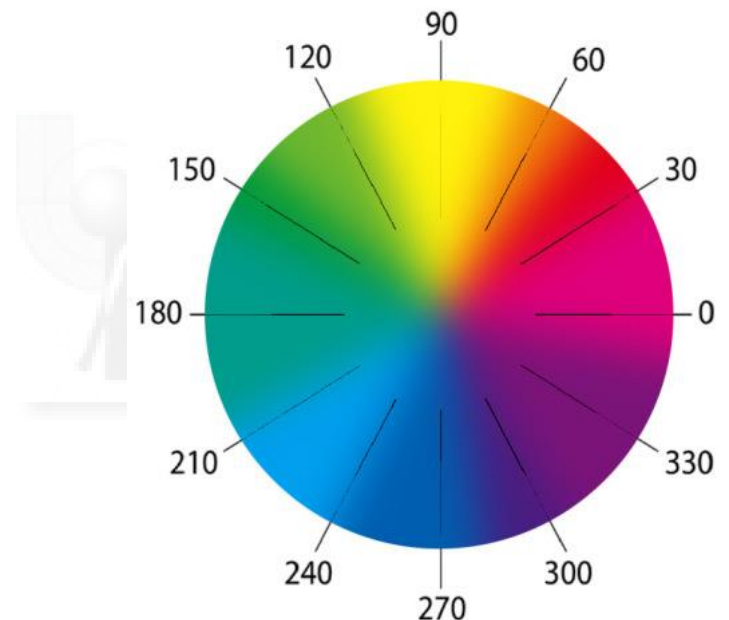


Fig. 6. Ángulo de color o Hue o Matiz

Fuente: Flexografía de Centroamérica, 2011.

El color para que la granada tenga una mejor aceptación por parte del consumidor, como se ha comentado anteriormente, es el color rojo. Para ello el ángulo Hue tendría que ser lo más próximo posible a 45° (fig. 7).

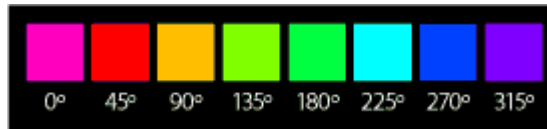


Fig. 7. Ángulos correspondientes a cada color

*Fuente: El Espacio de color L*C*h, 2007.*

El ángulo Hue dado por el colorímetro (gráfico 13) presenta valores poco fiables, ya que Hue se calcula a partir de los anteriores parámetros y los cuales, como se ha venido diciendo, presentaron diferencias no significativas y sus valores no son fiables. Por lo que para un análisis más correcto se estudian los valores obtenidos por el análisis de imagen, ImageJ (gráfico 12).

Las granadas del tratamiento control, analizadas con ImageJ, rondaron un ángulo Hue de 58° durante todo el tiempo de almacenamiento, es decir un matiz principalmente rojo, pero con tendencia hacia el color amarillo. Por lo que el papel de los elicitores es reducir el ángulo Hue hacia una percepción más roja.

Analizando el gráfico 12, se observa que el metil salicilato 10 mM y el metil jasmonato 5 mM hicieron el efecto contrario, es decir, elevaron el ángulo Hue, hasta un valor que se aproxima a 60°, una tonalidad anaranjada. El ácido salicílico 10 mM mantuvo aproximadamente el mismo valor de Hue que las granadas control, es decir, apenas tuvo efecto sobre el matiz del color. En cambio, el ácido oxálico 10 mM redujo el ángulo Hue en aproximadamente 1°, por lo que marcó más el color rojo.

Esto se ha podido observar también en la variable del color a*, en donde los tres primeros elicitores no cumplían con el objetivo de estos tratamientos, al contrario que el ácido oxálico que tenía un comportamiento diferente y conseguía más coloración roja.

Ángulo Hue Externo Granada Mollar Pre-cosecha

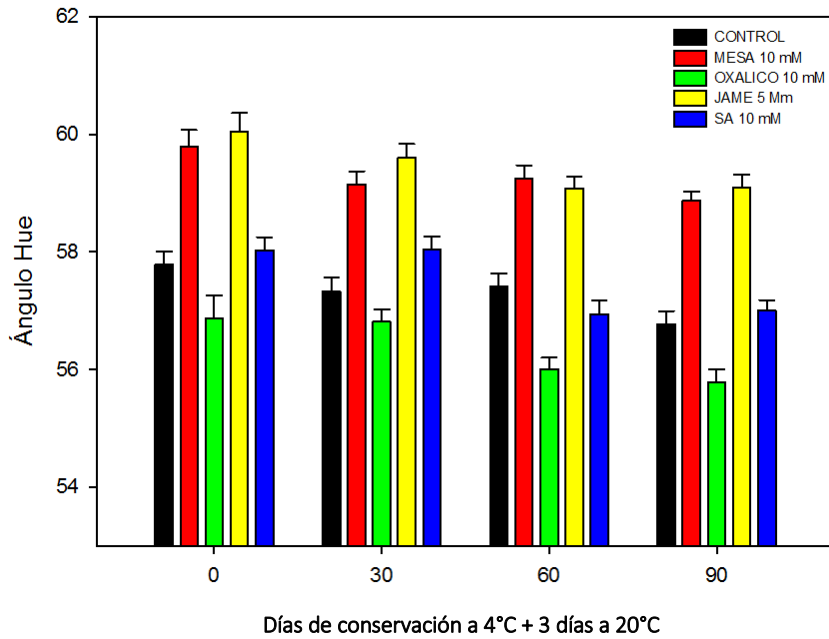


Gráfico 12. Ángulo Hue de la piel de la granada Mollar de Elche, analizada con ImageJ, tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.

Ángulo Hue Externo Granada Mollar Pre-cosecha

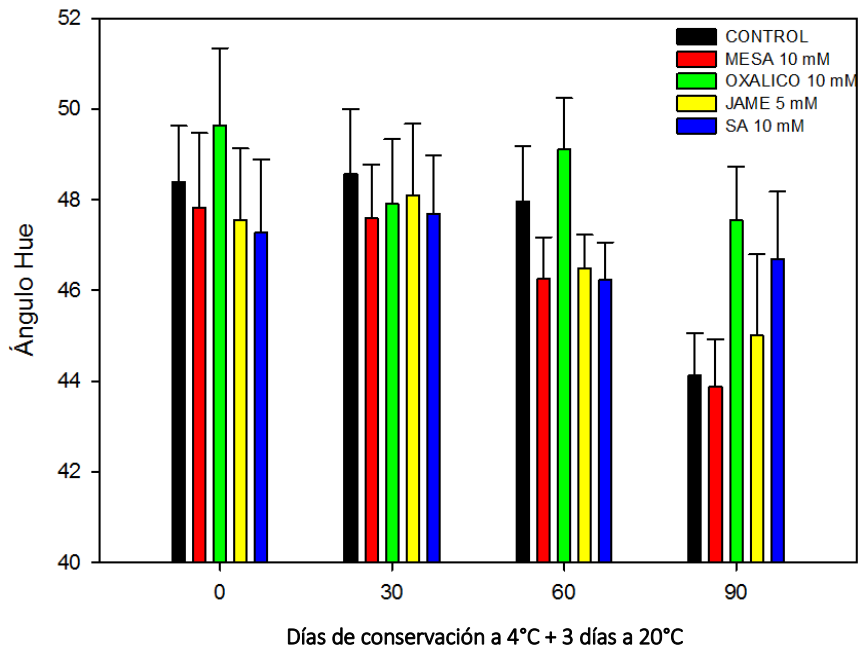


Gráfico 13. Ángulo Hue con colorímetro de la piel de de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.

Los resultados obtenidos con el colorímetro, como vemos, difieren bastante con los obtenidos por el análisis de imagen. Comparando los gráficos de los dos casos, los obtenidos por el colorímetro favorecen más al color rojo que los obtenidos por el análisis de imagen. Esto es debido a varios factores, donde el factor humano tiene una gran intervención, porque inintencionadamente el operario puede buscar el color rojo deseado al colocar el colorímetro sobre la superficie de la granada o bien cometer otro tipo de errores. Los márgenes de error son mucho mayores en el primer caso, ya que las medidas tomadas en el fruto son muy variables, lo que supone menor fiabilidad en este caso.

Además, el análisis de imagen es una herramienta más completa al analizar la superficie de la granada al completo y mostrar valores más reales que los que da el aparato manual, ya que este hace una media de las tomas que se hacen de una superficie mucho menor y tan sólo en el ecuador del fruto. Estas diferencias son claras en todas las variables del color, donde son mayores para el colorímetro en el parámetro a^* y menores para b^* y Hue. La luminosidad del colorímetro no es muy fiable porque para medirla, el aparato es colocado sobre la superficie, donde no pasa la luz y se crea un punto oscuro, lo que hace que el aparato use un flash para tomar lectura, esto hace que se deterioren las propiedades de la medida. En el caso del análisis de imagen, para tomar la foto del fruto se ha procurado que la luz sea lo más natural posible, reduciendo el error bastante respecto al primer caso.

4.5.2 COLOR DE LOS ARILOS DE LA GRANADA CON IMAGEJ

4.5.2.1 Luminosidad de los arilos

El gráfico 14 expresa la luminosidad de los arilos del fruto; se observa que los frutos control tienen una luminosidad que superó 61 L^* en el día cero de almacenamiento, pero decreció linealmente hasta un valor aproximado de 59 de luminosidad a los 90 días.

El ácido oxálico 10 mM, con valores de L^* siempre por debajo de 60 unidades, y el ácido salicílico 10 mM redujeron la luminosidad en todas las etapas de la conservación.

El metil salicilato 10 mM y el metil jasmonato 5 mM elevaron este parámetro; esto también ocurría en el caso de la piel de la granada. MeSa claramente es el elicitor que más aumentó el valor de L* durante todo el proceso de conservación de los frutos, llegando prácticamente al valor de 64 de luminosidad recién cosechados los frutos, aunque luego decreció al igual que lo hicieron los demás tratamientos.

Luminosidad (L*) Arilos de Granada Mollar Pre-cosecha

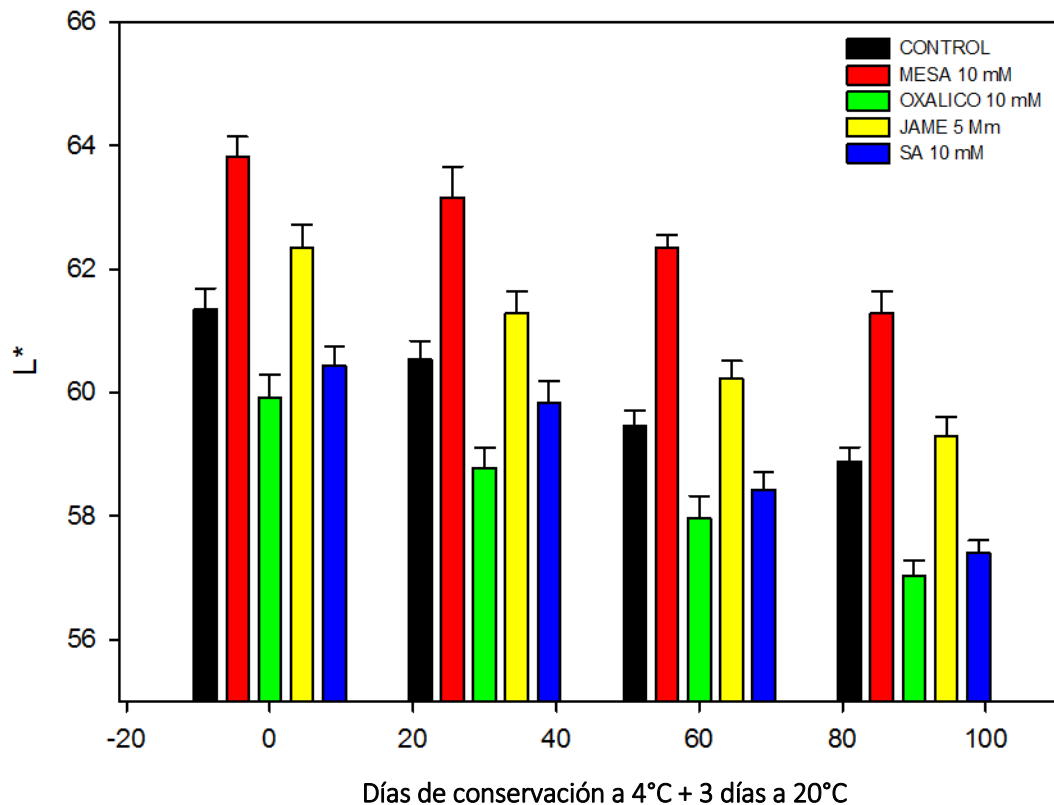


Gráfico 14. Luminosidad, analizada con ImageJ, de los arilos de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media \pm ES.

4.5.2.2 Parámetro a* del color de los arilos

Analizando el gráfico 15 vemos que las granadas control superaron el valor de 36 de a* y mantuvieron este valor, con ligeras variaciones, a lo largo del tiempo de conservación.

Los cuatro elicitores en las concentraciones del ensayo han mejorado notablemente este parámetro para la coloración roja de los arilos de la granada, un resultado mejor que el obtenido para la piel, en donde sólo el ácido oxálico lo mejoraba.

Estos resultados cuantitativamente llegan a valores de a^* prácticamente de 40 unidades en el caso de MeSa 10 mM, el tratamiento que más ha elevado esta cualidad del color. JaMe 5 mM también tuvo valores de a^* que se aproximaron al elicitor anterior. En menor medida y no con mucha diferencia encontramos los otros dos restantes.

a^* (rojo-verde) Arilos de Granada Mollar Pre-cosecha

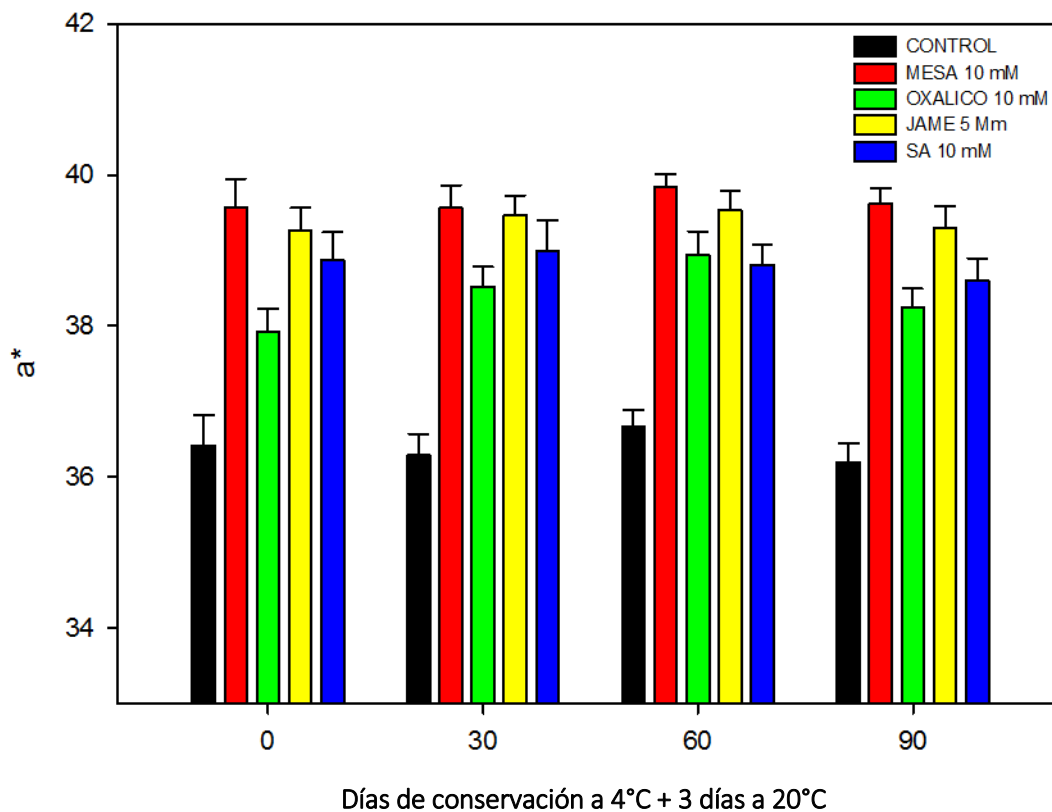


Gráfico 15. Parámetro a^* , analizado con ImageJ, del color de los arilos de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media \pm ES.

4.5.2.3 Parámetro b* del color de los arilos

En el gráfico 16 se observa que el control tiene un valor de b* que superó ligeramente 42 unidades en todo el tiempo de almacenamiento y prácticamente todos los elicitors rebajaron este valor. El metil salicilato 10 mM tuvo un ligero ascenso de coloración amarilla sobre el tratamiento control al principio, con el fruto recién cosechado, pero unos días más tarde decreció para situarse por debajo durante el resto del tiempo de almacenamiento. Los demás elicitors tuvieron un efecto similar. JaMe fue el elicitor que más ha conseguido rebajar la coloración amarilla, con un valor de b* en el momento cero de conservación por debajo de 41 unidades.

b* (amarillo-azul) Arilos de Granada Mollar Pre-cosecha

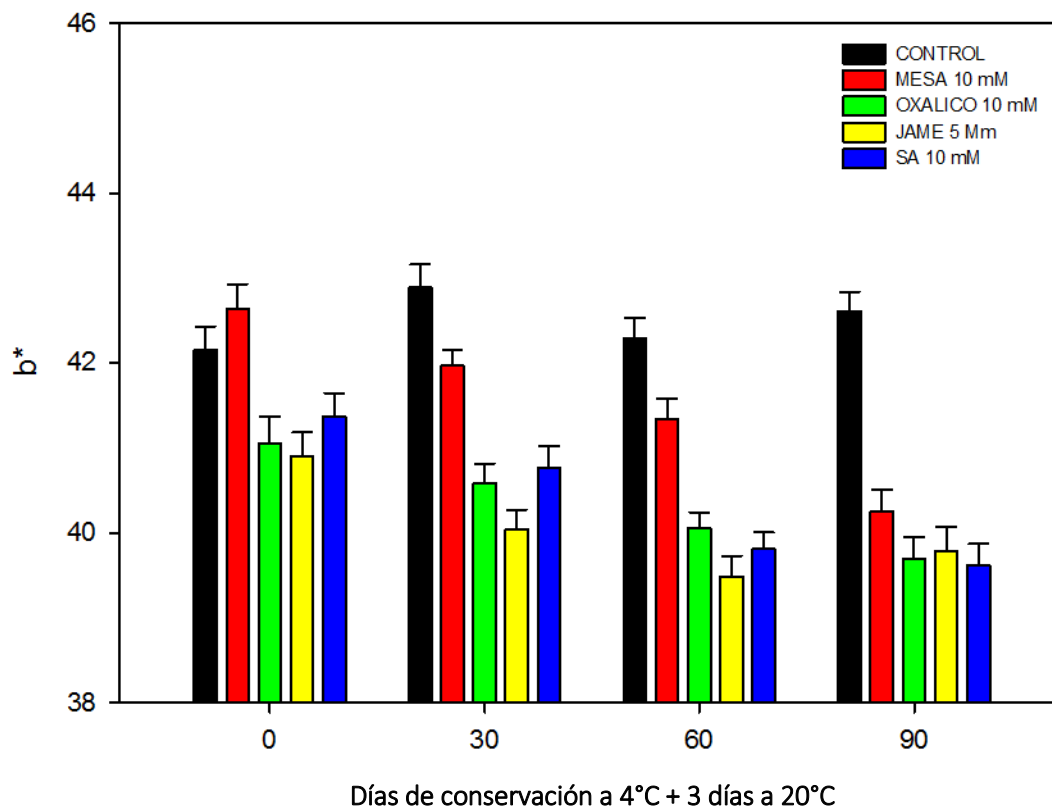


Gráfico 146. Parámetro b*, analizado con ImageJ, del color de los arilos de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.)

4.5.2.4 Ángulo Hue de los arilos

Por último, queda estudiar el ángulo Hue del color de los arilos, es decir, el matiz que percibimos al mirarlos. Es el parámetro que nos va a indicar qué elicitor o elicitores han coloreado más o menos, ya que el ángulo Hue se calcula como $\arctan b^*/a^*$. Este parámetro es de 45° en el caso del color rojo, el cual tomaremos como referencia.

Podemos observar en el gráfico 17 como los frutos no tratados tuvieron un ángulo Hue que superó los 49° durante todo el tiempo en almacenamiento.

Ángulo Hue Arilos de Granada Mollar Pre-cosecha

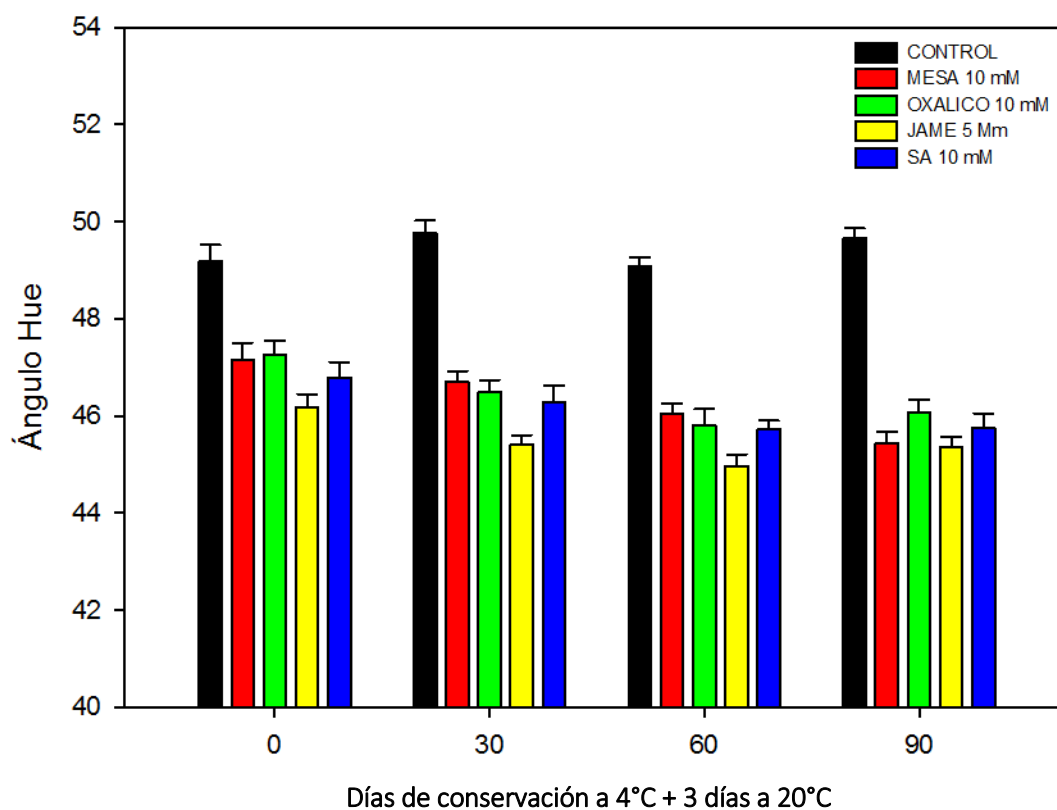


Gráfico 157. Ángulo Hue, analizado con ImageJ, de los arilos de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a $4^\circ\text{C} + 3$ días a 20°C . Los datos son la media \pm ES.

MeSa 10 mM, AO 10 mM y SA 10 mM han dado un resultado de unos 47° de ángulo Hue aproximadamente con ligeras variaciones a lo largo del almacenamiento, más notoria esta variación al final, donde se acercaron al valor

de 46°. El elicitor con el que se obtuvo un mejor efecto sobre la coloración fue el JaMe 5mM con que se obtuvieron resultados por debajo de 46°. Estos resultados están relacionados con los valores de a^* obtenidos para los arilos en los que se mejoró la coloración roja.



5 CONCLUSIONES

1. La determinación de color por colorimetría en un fruto de coloración irregular, como es la granada, es una técnica menos fiable y precisa el análisis de imagen del fruto completo.
2. La coloración roja de la piel de la granada ha sido mejorada por el ácido oxálico 10mM.
3. La coloración roja de los arilos de la granada ha sido aumentada por parte de todos los elicitores de este ensayo.
4. La aplicación de los elicitores en campo, en general no afecta al resto de parámetros físico-químicos analizados (pérdidas de peso, tasa de respiración, producción de etileno, sólidos solubles totales y acidez titulable)

6 BIBLIOGRAFIA

- Adhami, V., Siddiqui, I., Syed, D., Lall, R., & Mukhtar, H. (2012). "Oral infusion of pomegranate fruit extract inhibits prostate carcinogenesis in the TRAMP model". *Carcinogenesis*, 33(3), 644-651.
- Agro-Food Technology, F. Q. (2017). *A Comparative Study Between Labeling and Reality: The Case of Phytochemical Composition of comercial Pomegranate-Based Products*. Alicante: Journal of Food Science, belonging a Instituteof Food Technologists.
- Alvarez, M. (2000). Salicylic acid in th machinery of hypersensitive cell death and disease resistance. *Plant Molecular Biology*, 44, 429--442.
- Artés, F., Tudela, J., & Villaescusa, R. (2000). Thermal postharvest treatments for improving pomegranate quality and shelf life. *Postharvest Biology and Technology-Elsevier*, 245-251.
- Aviram, M., Rosenblat, M., Gaitini, D., Nitecki, S., Hoffman, A., Dornfeld, A., & al., e. (2004). Pomegranate juice consumption for 3 years by patients whit carotid artery stenosis reducescommon carotid intima-media thickness, blood pressure and LDL oxidation. *Clin. Nutr.* 23.
- Baenas, A., Teixeira, N., Dominguez-Perles, R., Barros, A., Rosa, E., Moreno, D., & Garcia-Viguera, C. (2014). Natural bioactive compounds from winery by-products as health promoters: a review. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(9), 15638-15678. doi:10.3390/ijms150915638
- Beckers, G., & Spoel, S. (2006). Fine-tuning plant defence signalling: salicylate versus jasmonate. *Plant biology*, 8(1), 1-10.
- Bektas, N., & Ozturk, N. (2007). Antioxidant activity of Punica granatum (Pomegranate) flowers. *Toxicology Letters*, 172-240.
- Bellostas, N., Kachlicki, P., Sørensen, J., & Sørensen, H. (2007). Glucosinolate profiling of seeds and sprouts of B. oleracea varieties used for food. *Scientia Horticulturae*, 114, 234-242. doi:10.1016/j.scienta.2007.06.015
- Biodiversidad mexicana: centros de plantas cultivadas*. (s.f.). Obtenido de centros de plantas cultivadas:
<https://www.biodiversidad.gob.mx/genes/centrosOrigen/centrosPlantas1a.html>
- Borochoy-Neori, H., Judeinstein, S., Tripler, S., Harari, M., Greenberg, A., Shomer, I., & Holland, D. (2009). Seasonal and cultivar variations in antioxidant and sensory quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(3):189–95.
- Çaliskan, M. (2000). The Metabolism of Oxalic Acid. *Turkish Journal of Zoology*, 103-106.
- Cano-Lamadrid, M., Marhuenda-Egea, F., Hernández, F., Rosas-Burgos, E., Burgos-Hernández, A., & Carbonell-Barrachina, A. (2016). Biological Activity of Conventional and Organic

- Pomegranate Juices: antioxidant and antimutagenic potential. *Plant Foods for Human Nutrition*. doi:10.1007/s11130-016-0569-
- Cao, S., Hu, Z., Zheng, Y., & Lu, B. (22 de May de 2010). Synergistic effect of heat treatment and salicylic acid on alleviating internal browning in cold-stored peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 58(2), 93-97.
- Carbonell Barrachina, Á., & Cano Lamadrid, M. (2007). *La granada cultivada en España. Punicalagina-antioxidante natural de la granada-propiedades y beneficios para la salud*. Elche (Alicante): Universidad Miguel Hernández de Elche.
- Celik, I., Temur, A., & Isik, I. (2009). Hepatoprotective role and antioxidant capacity of pomegranate (*Punica granatum*) flowers infusion against trichloroacetic acid-exposed rats. *Food and Chemical Toxicology*, 47(1):145–9.
- Chanjirakul, K., Wang, S., CY, W., & Siriphanich, J. (2006). Effect of natural volatile compounds on antioxidant capacity and antioxidant enzymes in raspberries. *Postharvest Biology and Technology*, 40(2), 106-115.
- Concha, C., Figueroa, N., Poblete, L., Oñate, F., Schwab, W., & Figueroa, C. (2013). Methyl jasmonate treatment induces changes in fruit ripening by modifying the expression of several ripening genes in *Fragaria chiloensis* fruit. *Plant Physiology and Biochemistry*, 70, 433-444.
- Creelman, R., & Mullet, J. (1997). Biosynthesis and action of jasmonates in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 48, 355-381. doi:10.1146/annurev.arplant.48.1.355
- DOP Mollar de Elche. (s.f.). *Granada Mollar de Elche*. Obtenido de La Granada: <http://www.granadaseelche.com/granada>
- El cultivo del granado: variedades dulces, agri-dulces y agrias*. (s.f.). Obtenido de el cultivo del granado: <https://cultivodelgranado.es/el-granado/variedades/>
- El Espacio de color L*C*h*. (Octubre de 2007). Obtenido de Imagen Digital: http://www.gusgsm.com/el_espacio_de_color_lch
- Elyatem, S., & Kader, A. (1984). Post-harvest physiology and storage behaviour of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae*, 24:287-298.
- Enyedi, A., Yalpani, N., Silverman, P., & Raskin, I. (1992). Signal molecules in systemic plant resistance to pathogens and pests. *Cell*, 70(6), 879-886. doi:10.1016/0092-8674(92)90239-9
- FDA-EPA. (17 de 04 de 2013). *Methyl Jasmonate; Exemption From the Requirement of a Tolerance*. Obtenido de FEDERAL REGISTER: <https://www.federalregister.gov/documents/2013/04/17/2013-08829/methyl-jasmonate-exemption-from-the-requirement-of-a-tolerance>
- Flexografía de Centroamérica*. (3 de Noviembre de 2011). Obtenido de <https://flexografiadecentroamerica.wordpress.com/category/teoria-del-color/>
- Font Quer, P. (1959). *curso de botánica general y aplicada*. Barcelona: Labor SA.

- GBDNetwork. (Octubre de 2015). *mercado mundial de la granada: oferta, demanda y proyecciones*. Obtenido de GBD Network: <https://www.epictrim.com/work/sites/gbd-network/>
- Gil, D., & Valdés, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 155-163.
- Giménez, M., Valverde, J., Valero, D., Díaz-Mula, H., Zapata, P., Serrano, M., . . . Castillo, S. (December de 2015). Methyl salicylate treatments of sweet cherry trees improve fruit quality at harvest and during storage. *Scientia Horticulturae*, 197(14), 665-673.
- Giménez, M., Valverde, J., Valero, D., Díaz-Mula, H., Zapata, P., Serrano, M., . . . Castillo, S. (July de 2016). Postharvest methyl salicylate treatments delay ripening and maintain quality attributes and antioxidant compounds of 'Early Lory'sweet cherry. *Postharvest Biology and Technology*, 117, 102-109.
- Giménez, M., Valverde, J., Valero, D., Guillén, F., Martínez-Romero, D., M, S., & Castillo, S. (October de 2014). Quality and antioxidant properties on sweet cherries as affected by preharvest salicylic and acetylsalicylic acids treatments. *Food chemistry*, 160, 226-232.
- Glowacz, M., & Rees, D. (2015). Influence of continuous exposure to gaseous ozone on the quality of red bell peppers, cucumbers and zucchini. *Postharvest biology and technology*, 99, 1-8.
- González-Aguilar, G., Tiznado-Hernández, M., Zavaleta-Gatica, R., & Martínez-Téllez, M. (2004). Methyl jasmonate treatments reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 313(3), 394-701.
- GranaVida: Zumo de granada. (2014). Obtenido de Cultivo del granado: <https://www.granavida.com/blog/productores-de-fruta-granada-2014/>
- Guarino, L., Miller, T., Baazara, M., & Obadi, N. (1990). Socotra: the island of Bliss revisited. *Diversity*, 6(3/4):28-31.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., & Ahmad, A. (March de 2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environmental and Experimental Botany*, 68(1), 14-25.
- Hodgkinson, A. (1977). *Oxalic acid in biology and medicine* (Vol. 101). London: Academic Press.
- InfoAgro: el cultivo del granado. (s.f.). Obtenido de infoagro.com: http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_granado.asp
- Jin, P., Zhu, H., Wang, J., Chen, J., Wang, X., & Zheng, Y. (2013). Effect of methyl jasmonate on energy metabolism in peach fruit during chilling stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(8), 1827-1832.
- Kang, G., Wang, C., Sun, G., & Wang, Z. (August de 2003). Salicylic acid changes activities of H₂O₂-metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 50(1), 9-15.

- Kasimsetty, S., Bialonska, D., Reddy, M., Ma, G., Khan, S., & Ferreira, D. (2010). Colon cancer chemopreventive activities of pomegranate ellagitannins and urolithins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58:2180-2187.
- Khan, A., & Singh, Z. (March de 2007). 1-MCP regulates ethylene biosynthesis and fruit softening during ripening of 'Tegan Blue' plum. *Postharvest Biology and Technology*, 43(3), 298-306.
- Lansky, E., & Newman, R. (2007). Punica granatum (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of Ethnopharmacology*, 109:177-206.
- López-Mejía, O., López-Malo, A., & Palou, E. (2010). Granada (Punica granatum): una fuente de antioxidantes de interés actual. *Universidad de las Américas*, 64-73.
- Luo, Z., Chen, C., & Xie, J. (November de 2011). Effect of salicylic acid treatment on alleviating postharvest chilling injury of 'Qingnai' plum fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 62(2), 115-120.
- MAPAMA. (2015). *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Obtenido de <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2016>
- Mars, M. (1998). Pomegranate plant material: genetic resources and breeding (review). *I Symposium Internacional sobre el granado*. Alicante (Orihuela).
- Martí, N., & Perez-Vicente, G. V. (2001). Influence of storage temperature and ascorbic acid addition on pomegranate juice. *Journal Science Food Agricultural*, 82:217-221.
- Martínez-Ballesta, M., Dominguez-Perles, R., Moreno, D., Muries, B., Alcaraz-López, C., Bastías, E., . . . Carvajal, M. (2010). Minerals in plant food: effect of agricultural practices and role in human health. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 295-309.
- Melgarejo, P. (2000). *tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas*. Madrid: AMV ediciones.
- Melgarejo, P., & Martínez, R. (1992). *El Granado*. Madrid: Mundi Prensa.
- Melgarejo, P., & Salazar, D. (2003). *Tratado de Fruticultura Para Zonas Áridas y Semiáridas, vol. II*. Madrid: AMV Ediciones y Mundi Prensa.
- Miguel, G., Dandlen, S., Antunes, D., Neves, A., & Martins, D. (2004). The Effect of Two Methods of Pomegranate (Punica granatum L) Juice Extraction on Quality During Storage at 4 °C. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 332-337.
- Moriguchi, T., Omura, M., Matsuta, N., & Kozaki, I. (1987). In vitro adventitious shoot formation from anthers of pomegranate. *HortScience*, 22:947-948.
- Naz, S., Siddiqi, R., Ahmad, S., Rasool, S., & Sayeed, S. (2007). Antibacterial activity directed isolation of compounds from Punica granatum. *Journal Food Science*, 72:341-5.
- Nworu, C., & Akah, P. (2015). Anti-inflammatory medicinal plants and the molecular mechanisms underlying their activities. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 12:52-61.

- Orgil, O., Schwartz, E., Baruch, L., Matityahu, I., Mahajna, J., & Amir, R. (2014). The Anioxidative and anti-proliferative potential of nonedible organs of the pomegranate fruit and tree. *LWT - Food Sci Tchnol*, 58(2):571-577.
- Peña-Cortés, H., Barrios, P., Dorta, F., Polanco, V., Sánchez, C., Sánchez, E., & Ramírez, I. (2005). Involvement of jasmonic acid and derivatives in plant response to pathogen and insects and in fruit ripening. *Journal of Plant Growth Regulation*, 23, 246-260.
- Pérez-Balibrea, S., Moreno, D., & García-Viguera, C. (2008). Influence of light on health-promoting phytochemicals of broccoli sprouts. *Science of food and agriculture*. doi:10.1002/jsfa.3169
- Popova, L., Pancheva, T., & Uzunova, A. (1997). Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiological role. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 23(1), 85--93.
- Quiles, S. M. (2010). La Granada: economía y comercialización. En P. Melgarejo Moreno (Ed.), *Jornadas nacionales sobre el granado: Producción, economía, industrialización, alimentación y salud* (pág. 19). Elche (Alicante): SPE-3.
- Raskin, I. (1992). Salicylate, a new plant hormone. *Plant Physiology*, 799-803.
- Ruiz-García, Y., & Gómez-Plaza, E. (2013). Elicitors: A Tool for Improving Fruit Phenolic Content. *Agriculture*, 3(1), 33--52. doi:10.3390/agriculture3010033
- Sánchez-Monge y Perellada, E. (1974). *Fitogenética : (Mejora de plantas)*. Madrid: INIA.
- Sánchez-Morge. (1974). *Biodiversidad mexicana*. Obtenido de Centros de plantas cultivadas: <https://www.biodiversidad.gob.mx/genes/centrosOrigen/centrosPlantas1a.html>
- Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Serrano, M., & Valero, D. (2011). Vapour treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. *Food Chemistry*, 124, 964-970.
- Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Serrano, M., & Valero, D. (September de 2009). Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates. *Postharvest Biology and Technology*, 53(3), 152-154.
- Sayyari, M., Castillo, S., Valero, D., Díaz-Mula, H., & Serrano, M. (2011b). Acetyl salicylic acid alleviates chilling injury and maintains nutritive and bioactive compounds and antioxidant activity during postharvest storage of pomegranates. *Postharvest Biology and Technology*, 60, 136-142.
- Sayyari, M., Valero, D., Babalar, M., Kalantari, S., Zapata, P., & Serrano, M. (May de 2010). Prestorage oxalic acid treatment maintained visual quality, bioactive compounds, and antioxidant potential of pomegranate after long-term storage at 2 °C. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(11), 6804-6808. doi:10.1021/jf100196h
- Seeram, N., Aviram, M., Zhang, Y., Henning, S., Feng, L., Dreher, M., & Heber, D. (2008). Comparison of antioxidant potency of commonly consumed polyphenol-rich beverages in the United States. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56:1451-1422.

- Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, B., & Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, 30(2), 157–161.
- Shahidi, F., & Naczki, M. (2004). *Phenolics in food and nutraceuticals*. Boca Raton (Florida): CRC Press.
- Siboza, X., Bertling, I., & Odindo, A. (2014). Salicylic acid and methyl jasmonate improve chilling tolerance in cold-stored lemon fruit (Citrus limon). *Journal of Plant Physiology*, 18(15), 1722-1731. doi:10.1016/j.jplph.2014.05.012
- Syed, D., Afaq, F., & Mukhtar, H. (2007). Pomegranate derived products for cancer chemoprevention. *Seminars in Cancer Biology*, 17:377–85.
- Terry, L., & Joyce, D. (2004). Elicitors of induced disease resistance in postharvest horticultural crops: a brief review. *Postharvest Biology and Technology*, 32(1), 1-13. doi:10.1016/j.postharvbio.2003.09.016
- Valero, D., & Serrano, M. (2010). *Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality*. Boca Raton (Florida): CRC Press-Taylor and Francis.
- Valero, D., Diaz-Mula, H., Zapata, P., Castillo, S., Guillen, F., Martinez-Romero, D., & Serrano, M. (20 de April de 2011). Postharvest treatments with salicylic acid, acetylsalicylic acid or oxalic acid delayed ripening and enhanced bioactive compounds and antioxidant capacity in sweet cherry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(10), 5483-5489. doi:10.1021/jf200873j
- Valverde, J., Giménez, M., Guillén, F., Valero, D., Martínez-Romero, D., & Serrano, M. (November de 2015). Methyl salicylate treatments of sweet cherry trees increase antioxidant systems in fruit at harvest and during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 109, 106-113.
- Wang, L., & Li, S. (April de 2006). Salicylic acid-induced heat or cold tolerance in relation to Ca²⁺ homeostasis and antioxidant systems in young grape plants. *170(4)*, 685-694.
- Wasternack, C. (December de 2015). How jasmonates earned their laurels: past and present. *Journal of plant growth regulation*, 34(4), 761-794.
- Westwood, N. (1982). *Fruticultura de Zonas Templadas*. Madrid: Mundi-Prensa.
- X-Rite: *atributos del color*. (2002). Obtenido de Guía para entender la comunicacion del color: http://www.mcolorcontrol.com/archivos/L10-001_Understand_Color_es.pdf
- Yalpani, N., Enyedi, A., León, J., & Raskin, I. (1994). Ultraviolet light and ozone stimulate accumulation of salicylic acid, pathogenesis-related proteins and virus resistance in tobacco. *Planta*, 193(3), 372-376.
- Yao, H., & Tian, S. (March de 2005). Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. *Postharvest Biology and Technology*, 35(3), 253-262. doi:10.1016/j.postharvbio.2004.09.001

- Zahin, M., Ahmed, I., Gupta, R., & Aqil, F. (2014). Punicalagin and ellagic acid demonstrate antimutagenic activity and inhibition of benzo[a]pyrene induced DNA adducts . *Biomed Res int* 4647465.
- Zhang, X., Shen, L., Li, F., Meng, D., & Sheng, J. (2011). Methyl Salicylate-Induced Arginine Catabolism Is Associated with Up-regulation of Polyamine and Nitric Oxide Levels and Improves Chilling Tolerance in Cherry Tomato Fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(17), 9351-9357. doi:10.1021/jf201812r
- ZHAO, M.-L., WANG, J.-N., SHAN, W., FAN, J.-G., KUANG, J.-F., WU, K.-Q., . . . LU, W.-J. (2013). Induction of jasmonate signalling regulators MaMYC2s and their physical interactions with MalCE1 in methyl jasmonate-induced chilling tolerance in banana fruit. *Plant Cell & Environment*, 36(1), 30-51.



ANEXO

GRAFICOS

Gráfico 1. Porcentaje pérdida de peso de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.	35
Gráfico 2. Tasa de respiración de CO ₂ de granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.	37
Gráfico 3. Producción de etileno de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.	39
Gráfico 4. Sólidos solubles de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.....	41
Gráfico 5. Acidez total de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.....	42
Gráfico 6. Luminosidad externa de la granada Mollar de Elche analizada con ImageJ, tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.....	44
Gráfico 7. Luminosidad medida con el colorímetro de la piel de la granada Mollar de Elche, tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.....	44
Gráfico 8. Parámetro a* de la piel de la granada Mollar de Elche analizada con ImageJ, tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.....	46
Gráfico 9. Parámetro a* de color de la piel con colorímetro de la granada Mollar de Elche, tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.....	46
Gráfico 10. Parámetro b* del color de la piel analizado con ImageJ de la granada Mollar de Elche, tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.....	48
Gráfico 11. Parámetro b* color de la piel con colorímetro de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.....	48
Gráfico 12. Ángulo Hue de la piel de la granada Mollar de Elche, analizada con ImageJ, tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.....	51
Gráfico 13. Ángulo Hue con colorímetro de la piel de de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.....	51
Gráfico 16. Parámetro b*, analizado con ImageJ, del color de los arilos de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES.).....	55

Gráfico 17. Ángulo Hue, analizado con ImageJ, de los arilos de la granada Mollar de Elche tratada en precosecha con JaMe 5 mM, AO 10 mM, AS 10 mM y SaMe 10 mM durante el almacenamiento a 4°C + 3 días a 20°C. Los datos son la media ± ES..... 56

FIGURAS

Fig. 1. Centros de origen y diversidad de las plantas cultivadas según Vavilov.	5
Fig. 2. Orígenes de la granada	7
Fig. 3. Partes de la Mollar de Elche.	14
Fig. 4. Granada Mollar de Elche.....	15
Fig. 5. Ubicación de la DOP Mollar de Elche.....	16
Fig. 6. Ángulo de color o Hue o Matiz	49
Fig. 7. Ángulos correspondientes a cada color.....	50

FOTOGRAFÍAS

fotografía 1. Finca comercial de granados situada en Elche utilizados en el ensayo.	27
fotografía 2. Aplicación foliar por spray de los tratamientos sobre los granados	28
fotografía 3. Recipientes herméticos para la determinación de la tasa de respiración y producción de etileno.	31
fotografía 4. Imágenes tomadas para el análisis de imagen del color externo.	33
fotografía 5. Imagen de las mitades de granada para el análisis de imagen de los arilos.	33

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Fechas de aplicación de los tratamientos Pre-cosecha.....	28
Ilustración 2. Fechas de muestreo durante el almacenamiento.....	29

TABLAS

Tabla 1. Creencias de ciertas religiones y mitologías respecto a la granada.	6
Tabla 2. superficies y producciones de cultivos	12
Tabla 3. Evolución de la producción de granado.	13