

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**“APLICACIÓN DE JASMONATO DE METILO EN PRE-
COSECHA PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN Y
CALIDAD DE LAS GRANADAS (*Punica granatum* L.)
EN LA RECOLECCIÓN”**

TRABAJO FIN DE GRADO

Marzo-2018

Autora: Fátima Botella Martínez

Tutor: Antonio Fabián Guillén Arco



Resumen

Los elicitores son 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, en condiciones naturales, se desencadenarían 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. Elicitores tales como el Jasmonato de Metilo se aplicaron en pre-cosecha sobre granados para tratar de evaluar si se obtenían mejoras en los frutos en el momento de la cosecha. Tras aplicar los tratamientos y una vez evaluados los frutos se observó que estos mostraron menores pérdidas de firmeza, y un mayor nivel en los parámetros de color por lo que se incrementó la calidad general de estos frutos. Asimismo también se obtuvo una mayor producción determinado por un mayor peso de los frutos.

Palabras clave: Granada, Jasmonato de Metilo, Pre-cosecha, Elicitores, Recolección.

Abstract

Elicitors are substances which induce physiological changes in plant. Plants respond to these stressors by activating an array of mechanisms, similar to the defense responses to pathogen infections or environmental stimuli, affecting the plant metabolism and enhancing the synthesis of phytochemicals. Elicitors as methyl jasmonate were applied at pre-harvest stage on pomegranate trees, to evaluate if these treatments were able to increase quality at harvest. After applied these treatments and once fruits were harvested and evaluated, results showed that these fruits had higher fruit firmness, and were able to induced and increased all colour parameters. On the other hand its metabolism was affected which leads to a higher general quality of the fruit as well as yield, because an increase on the weight of these fruits.

Keywords: Pomegranate, Methyl Jasmonate, Pre-harvest, Elicitors, Harvest.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 LA GRANADA	6
1.2 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS.....	7
1.2.1 <i>El cultivo de la granada.</i>	7
1.2.2 <i>Taxonomía.</i>	8
1.2.3 <i>Biología floral.</i>	8
1.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL	9
1.3.1 <i>Efectos beneficiosos de la granada.</i>	12
1.4 EXIGENCIAS RELATIVAS A LA CALIDAD	13
1.4.1 <i>Factores pre-recolección que afectan a la calidad.</i>	13
1.4.2 <i>Características físicas.</i>	14
1.4.3 <i>Etapas de desarrollo de la fruta.</i>	14
1.4.4 <i>Factores post-recolección.</i>	16
1.5 VARIEDADES DE GRANADA	17
1.6 ELICITORES	19
1.6.1 <i>Jasmonato de Metilo.</i>	20
1.7 PRODUCCIÓN E IMPORTANCIA ECONÓMICA.....	27
1.7.1 <i>Producción de granada.</i>	27
2. OBJETIVOS	31
3. MATERIAL Y MÉTODOS	32
3.1 MATERIAL VEGETAL	32
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	32
3.3 DETERMINACIONES ANALÍTICAS.....	34
3.3.1. <i>Determinación de Etileno.</i>	34
3.3.2. <i>Determinación de CO₂.</i>	35
3.3.3. <i>Evaluación del color.</i>	37
3.3.4. <i>Determinación de la firmeza.</i>	38
3.3.5. <i>Evaluación de los sólidos solubles.</i>	38
3.3.6. <i>Determinación del pH y de la acidez titulable.</i>	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1 EFECTO DEL JASMONATO DE METILO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE GRANADA	41
4.2 EFECTO DEL JASMONATO DE METILO SOBRE LA RESPIRACIÓN DEL FRUTO Y PRODUCCIÓN DE ETILENO	45
4.3 EFECTO DEL JASMONATO DE METILO SOBRE EL COLOR DE LOS ARILOS.....	46
4.3.1 <i>Efecto sobre el color a*.</i>	46
4.3.2. <i>Efecto sobre el color Cromax.</i>	47
4.4 EFECTO DEL JASMONATO DE METILO SOBRE LA FIRMEZA DEL FRUTO.....	48
4.5 EFECTO DEL JASMONATO DE METILO SOBRE LOS SÓLIDOS SOLUBLES DEL FRUTO	49

4.6	EFFECTO DEL JASMONATO DE METILO SOBRE LA ACIDEZ TITULABLE DEL FRUTO	50
5.	CONCLUSIONES	52
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53



1. INTRODUCCIÓN

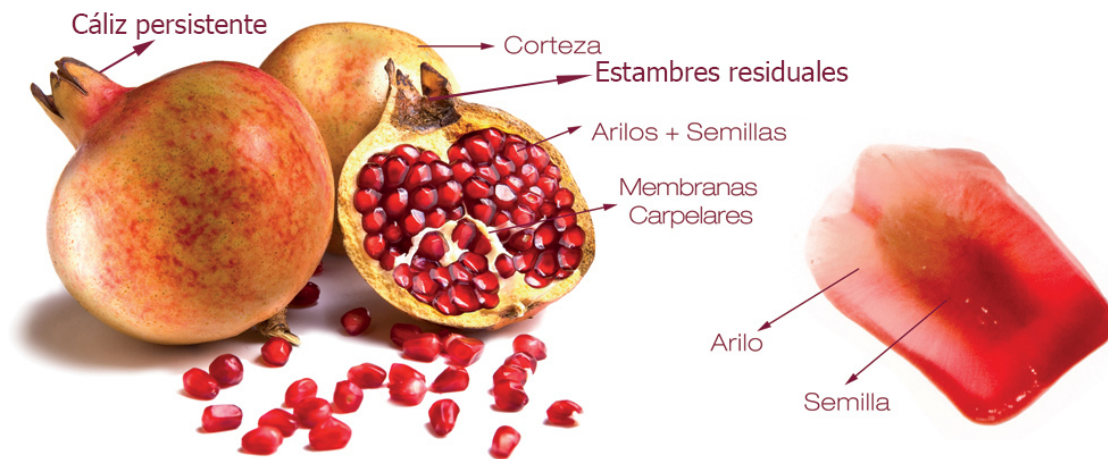
1.1 LA GRANADA

La granada es el fruto del granado, pequeño árbol caducifolio, a veces con porte arbustivo, de 3 a 6 m de altura, perteneciente a la familia de las *Punicaceae*. Las hojas son de color verde brillante, lustrosas por el haz y con el borde entero. Las flores (*Fotografía 1*) son grandes y de color rojo, lustrosas y acampanadas, incluso, abigarradas y matizadas en blanco, en algunas variedades. Todas estas características morfológicas hacen que este árbol sea muy apreciado en jardinería como ornamental, ya que tampoco requiere cuidados especiales.



Fotografía 1. Vista de la flor del granado.

El fruto (*Fotografía 2*) es una baya globosa, denominada balausta, de color rojo brillante, verde amarillento o blanquecino, coronado por un cáliz de 5-8 cm de diámetro, lleno de semillas y de cáscara coriácea. Las semillas son gruesas, de consistencia leñosa y testa carnosa o pulposa, de forma prismática, muy jugosas, color que varía desde el apreciado rubí intenso hasta blanco y sabor agridulce que puede recordar ligeramente al de las grosellas.



Fotografía 2. Vista de las partes de del fruto.

La granada es un fruto no climatérico. Un fruto climatérico es aquel que es capaz de seguir madurando incluso después de haber sido recolectado. Esto es debido fundamentalmente a que este tipo de frutos, independientemente de que ya no estén en la planta, aumentan su tasa de respiración (crisis climatérica) y su producción de etileno, principal hormona responsable del proceso de maduración y envejecimiento del fruto. Sin embargo, los frutos no climatéricos son aquellos en los que la maduración no está controlada hormonalmente por el etileno. No presentan ni crisis climatéricas ni modificaciones fisiológicas después de la recolección.

1.2 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

1.2.1 El cultivo de la granada.

Se sabe que el granado ha sido cultivado desde tiempos muy remotos, ya que se han encontrado indicios del consumo de esta fruta en tumbas egipcias de 2.500 años antes de la era cristiana. Se cree que fueron los cartagineses los que introdujeron el granado en la región mediterránea a raíz de las guerras Púnicas (de ahí el nombre *Punica granatum*, propuesto por Linneo) y fueron los españoles los que la llevaron a América, tras el descubrimiento de aquellas tierras.

Actualmente su cultivo se extiende principalmente en países de la cuenca mediterránea (Norte de África, España y Grecia), Afganistán, Israel, Brasil y California. España es uno de los principales países productores del mundo (superficie cultivada superior a 4.700 Ha), siendo el mayor productor (aprox. 56.000 toneladas) y

exportador de Europa. Esta producción se concentra fundamentalmente en la zona levantina de Alicante y Murcia. Su cultivo se extiende desde el mes de septiembre hasta enero, si bien los mejores frutos son los recolectados entre los meses de octubre y diciembre.

1.2.2 Taxonomía.

La granada pertenece a la familia *Punicaceae* que tiene un solo género *Punica* y dos especies *P. protopunica* Balf. Se encuentra en Socotra (Yemen) y la cultivada *P. Granatum* L. Según Smith (1976), *P. Granatum*. tiene $2n=2x = 16, 18$ cromosomas. La especie *Granatum* tiene dos subespecies *Chlorocarpa* y *Prophyrocarpa*. La más antigua se encuentra en la región de Transcaucasus mientras que la última se encuentra en Asia central (Patil y Karale, 1990). Los granados son arbustos grandes o árboles pequeños. La granada enana (*P. Granatum* L. var. *nana*) es una variedad en miniatura de granado más conveniente para la producción de planta de pote.

1.2.3 Biología floral.

En el clima tropical, la granada florece casi en todas las épocas del año, mientras que en zonas subtropicales florece una vez al año. En áreas con temperaturas bajas en invierno el árbol es de hoja caduca, pero en condiciones tropicales es impecedero o parcialmente de hoja caduca. Bajo condiciones tropicales el brote de la flor ocurre en varios momentos. La duración entre el comienzo del alargamiento del brote de la flor (crecimiento) y la antesis varía entre 14 y 28 días dependiendo de la variedad y de las condiciones climáticas (Gur, 1986). Así en climas subtropicales del hemisferio norte, el florecimiento ocurre a partir de la última semana de marzo hasta la segunda semana de mayo (Singh et al., 1978). Varios rubores distintos en el mismo árbol ocurren absolutamente con frecuencia.

Las flores son cortos pedúnculos sensibles. Las flores hermafroditas y masculinas, así como formas intermedias, ocurren en el mismo árbol de la granada. El cáliz de las hermafroditas tiene forma de jarra con un ovario amplio bien desarrollado. Las flores masculinas son más pequeñas, con un cáliz acampanado y un ovario rudimentario. Las formas intermedias exhiben varios grados de degeneración del ovario. La fruta que aparece de estas flores cae temprano, o si maduran y les falta

formación (Ray, 2002). El porcentaje de hermafroditas fuera del número total de flores en un árbol de la granada, depende del cultivo, de la estación de floración, y de otras condiciones ambientales desconocidas.

En el comienzo de la estación de floración principal, este porcentaje es más alto que en el final de la estación (Gur, 1986).

1.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL

Gran parte de su importancia organoléptica y posible papel beneficioso para la salud, se debe a la presencia de compuestos fenólicos, ya que, a nivel organoléptico, los antocianos son los responsables de su atractivo color rojo y los taninos de su sabor astringente (siendo los ácidos orgánicos, cítrico y málico, los responsables del sabor acidulado), mientras que los elagitaninos y, en menor proporción, los antocianos le confieren propiedades antioxidantes. Así mismo, la granada es rica en otros constituyentes nutricionales, que se muestran en la *Tabla 1*. Mayoritariamente, está compuesta por agua y azúcares, siendo menor su contenido en grasas y proteínas, lo que le confiere un bajo valor calórico (63 kcal/100 g). Presenta también una pequeña proporción de fibra alimentaria, localizada fundamentalmente en el piñón (3,5 g/100 g), es rica en potasio y aporta cantidades considerables de calcio, magnesio, fósforo y hierro, siendo pobre en sodio. Contiene, además, vitaminas del grupo B, C y niacina, en concentraciones similares a otras frutas de alto consumo como ciruelas o manzanas.

Tabla 1. Composición nutricional por 100 g comestibles.

Componente	Valor	Unidad
Proximales		
energía, total	261 (63)	kJ (kcal)
grasa, total (lipidos totales)	0.3	g
proteina, total	1	g
agua (humedad)	80.2	g
Hidratos de Carbono		
fibra, dietetica total	3.5	g
carbohidratos	13.7	g

Grasas		
ácidos grasos, monoinsaturados totales	traza	g
ácidos grasos, poliinsaturados totales	traza	g
ácidos grasos saturados totales	traza	g
colesterol	0	mg
Vitaminas		
Vitamina A equivalentes de retinol de actividades de retinos y carotenoides	7	ug
Vitamina E equivalentes de alfa tocoferol de actividades de vitámeros E	0.55	mg
folato, total	29	ug
equivalentes de niacina, totales	0.3	mg
riboflavina	0.03	mg
tiamina	0.05	mg
Vitamina B-6, Total	0.2	mg
Vitamina C (ácido ascórbico)	20	mg
Minerales		
calcio	13	mg
hierro, total	1	mg
potasio	247	mg
magnesio	6	mg
sodio	4	mg
fósforo	25	mg
selenio, total	0.6	ug
zinc (cinc)	0.1	mg

Fuente: BEDCA.

Los fenoles totales se encuentran en una elevada concentración (aprox. 83 mg/100 g de porción comestible o 250 mg/100 mL), comparable a la del vino tinto (valores medios de 203 mg/100 mL) y muy superior a la del té verde (aprox. 103 mg/100 mL) (Gil et al., 2000) tan apreciado hoy día por su capacidad antioxidante.

Dentro de esta fracción fenólica los compuestos mayoritarios pertenecen al grupo de los antocianos (flavonoides coloreados), elagitaninos, derivados del ácido elágico y otros taninos hidrolizables.

Dentro del grupo de los compuestos fenólicos coloreados, la granada se caracteriza por la presencia de 6 antocianos, derivados 3-glucósidos y 3,5 diglucósidos de delphinidina, cianidina y pelargonidina (*Imagen 1*). Los derivados de cianidina son los que se encuentran en mayor proporción (por encima del 60%), otorgando en total una alta concentración de estos flavonoides (alrededor de 13,3 mg/100 g de porción comestible o 40 mg/100 mL de zumo). Dentro del segundo grupo, son las punicalaginas (*Imagen 1*) los compuestos más abundantes, con concentraciones que alcanzan los 52 mg/100 mg de porción comestible (156 mg/ 100 mL de zumo), el ácido elágico (*Imagen 1*) y sus derivados se encuentran en proporciones algo inferiores (un total de 4 mg/100 mg o 12 mg/100 mL zumo) y el total de otros taninos hidrolizables alcanza valores de 14 mg /100 mg (42 mg/100 mL zumo). No obstante, en algunos zumos comerciales, se han descrito concentraciones mucho más elevadas de los tres últimos grupos de compuestos (Gil et al., 2000), alterándose también la proporción de antocianos y ácido elágico según la variedad de granada (Martí et al., 2001; Pérez-Vicente et al., 2004).

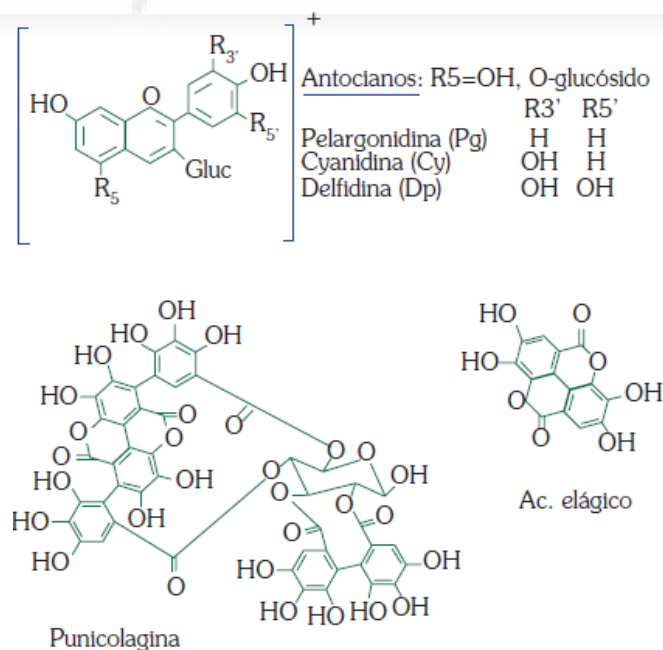


Imagen 1. Principales compuestos fenólicos de la granada.

(Fuente: García-Viguera y Pérez Vicente, 2004).

1.3.1 Efectos beneficiosos de la granada.

Hace ya muchos años que se conocen los beneficios que este fruto proporciona a nuestra salud, apareciendo ya en el libro "Historia Naturalista" de Plinio el Viejo, y en pinturas y mosaicos de los tiempos de Pompeya (Melillo, 1994). Probablemente, lo más llamativo es su fama como estimulante sexual, visto lo cual se le ha considerado desde la época griega como un alimento afrodisíaco. Su alto contenido en agua y potasio y escasa concentración de sodio, le confieren propiedades diuréticas y depurativas, lo que unido a su concentración en ácido cítrico hace que se favorezca la eliminación de ácido úrico y sus sales a través de la orina, por lo que su consumo es muy adecuado en caso de padecer gota, litiasis renal por sales de ácido úrico, obesidad o hipertensión.

También es importante su papel astringente y antiinflamatorio, debido a la presencia de taninos, y presenta cualidades antisépticas y antiinflamatorias debidas a presencia de los ácidos cítrico y málico.

La corteza del fruto y las láminas internas que separan los granos son ricas en alcaloides, fundamentalmente en peleterina, lo que les confieren propiedades vermífugas. Así mismo, las punicorteínas de la corteza le otorgan efectos antitumorales a sus preparados (Kashiwada et al., 1992).

Recientemente también se ha descrito que la granada tiene propiedades antisépticas y desinfectantes contra *Bacillus subtilis*, *E. coli* y *S. cerevisiae* y, como se describirá más adelante, existen sustancias que les otorgan elevada capacidad antioxidante (Singh et al., 2002), siendo los compuestos fenólicos los principales responsables de la misma, indicando estudios actuales que frenan los procesos de envejecimiento, y aparición de enfermedades degenerativas como cerebro y cardiovasculares, cáncer y patologías asociadas (Tapiero et al., 2002).

También se ha descrito el efecto antiarterioesclerótico del zumo, en humanos y ratones (Aviram et al., 2000) y puede ser recomendado para la prevención de enfermedades inflamatorias y apoplejías (Ness y Powles, 1997), así como en tratamientos contra el sida (Lee y Watson, 1998).

1.4 EXIGENCIAS RELATIVAS A LA CALIDAD

El término calidad implica el grado de excelencia de un producto o de su conveniencia para un uso particular. La calidad es un punto de vista humano que abarca muchas propiedades o características sensoriales (aspecto, textura, gusto y aroma), los valores nutritivos, los componentes químicos, las propiedades mecánicas, las características funcionales y los defectos (Abbott, 1999).

El último objetivo de la producción, el manejo y la distribución de fruta y verdura fresca es satisfacer al consumidor. Se entiende generalmente que la satisfacción del consumidor está relacionada con la calidad del producto.

Mientras que el término calidad se ha definido de muchas maneras y contexto, hay poco acuerdo de qué es esto, cómo puede ser medido, y cómo se relaciona con la aceptabilidad de consumidor. La calidad se puede ver como la ausencia de defectos o grado de excelencia. La calidad de la fruta abarca tanto las cualidades sensoriales que son percibidas fácilmente por los sentidos humanos y las cualidades ocultas tales como la seguridad y la nutrición (Shewfelt, 1999). Shewfelt (1999) sugiere que la combinación de características del producto por sí mismo esté definida como calidad y que la opinión y la respuesta del consumidor a esas características estén definidas como aceptabilidad. La definición del diccionario de la calidad abarca ambos conceptos (Neufeldt, 1988).

Las frutas y verduras son notoriamente variables, y la calidad de las piezas individuales de fruta puede diferir en gran medida del promedio. Es esencial determinar estadísticamente el número de pedazos y el número de mediciones requeridas por pieza para alcanzar un muestreo significativo y representativo (Abbott, 1999). La calidad del producto según lo determinado por el consumidor está afectada por los factores pre y post-recolección.

1.4.1 Factores pre-recolección que afectan a la calidad.

El aspecto y la calidad de frutas y verduras frescas es un primer criterio para tomar decisiones en nuestras compras. La apariencia del producto está caracterizada por el tamaño, la forma, el color, y la condición y ausencia de defectos. Una amplia gama de factores pre-recolección puede modular la calidad del producto cosechado. Éstos incluyen: 1) los factores biológicos (patológicos, entomológicos, animales); 2)

factores fisiológicos (desórdenes fisiológicos, desequilibrio alimenticio, madurez); 3) factores ambientales/culturales (p. ejemplo: clima, tiempo, suelos, relaciones del agua, intensidad de luz); 4) daños mecánicos; 5) materia extraña (crecimiento medio, residuos químicos); y 6) variaciones y aberraciones genéticas (Kays, 1999).

1.4.2 Características físicas.

El tamaño de las unidades individuales de un producto puede afectar a la demanda del consumidor. El tamaño se puede determinar por uno de los tres medios generales: (1) dimensión (longitud, anchura, diámetro, o circunferencia); (2) peso: o (3) volumen.

1.4.3 Etapas de desarrollo de la fruta.

El desarrollo cronológico del florecimiento de la fruta a la madurez y a la senectud implica una secuencia de cambios físicos y bioquímicos, tanto a macro como a micro-niveles. Los mecanismos moleculares, celulares, y fisiológicos implicados en el desarrollo de la fruta (Gillaspy et al., 1993), la regulación de asimilar el suministro de fruta (Ho, 1996), y el papel de auxinas endógenas en el desarrollo de la fruta están bien documentados.

El período durante el cual estos cambios de desarrollo ocurren se puede clasificar en tres etapas: crecimiento, maduración y senectud..

En muchas especies, la estructura de crecimiento de la fruta está caracterizada por un período inicial con una rápida división de la célula y de desarrollo de las paredes de ésta, seguido por un período largo de extensión de la célula sobre todo por la vacuolación. La duración de la división de la célula durante el desarrollo de la fruta y el grado al cual la división de la célula contribuye al crecimiento entero de la fruta, varía considerablemente entre las especies (Ho, 1996; Schechter et al., 1993).

Las curvas del crecimiento se han descrito extensivamente por muchos años. El gráfico podría ser un diagrama de los datos brutos del crecimiento contra el tiempo, o los porcentajes de valor máximo total de la cantidad del crecimiento contra el porcentaje del período total de crecimiento. Para cada tipo de fruta, la forma del diagrama de los datos medidos del crecimiento en un cierto plazo sigue un patrón distintivo que incluye etapas identificables de desarrollo (Opara, 2000). En general, la

estructura de crecimiento de frutas es sigmoidea o doble-sigmoidea. Sabemos que esta curva es la integración de los procesos de la división de célula y de la ampliación de la célula que se pueden separar temporal y espacialmente (Schechter et al., 1993).

En 1919, Connors subdividió lo que se ha conocido como la curva doble-sigmoidea de crecimiento en tres etapas (*Gráfico 1*), la fase inicial de crecimiento exponencial (etapa I), la fase de retraso (etapa II), y la segunda fase exponencial (etapa III). Un fruto con pepitas tiene varias semillas relativamente pequeñas y un patrón sigmoideo de crecimiento de la fruta (Griggs e Iwakiri, 1956), mientras que los frutales de hueso tiene la semilla proporcionalmente grande y generalmente una curva doble-sigmoidea de crecimiento (Watada et al., 1984; Schechter et al., 1993).

El tipo de datos usados para trazar el crecimiento (ej. datos primarios brutos contra datos de la tasa de crecimiento; longitud contra masa; masa fresca contra masa seca) también influye en la forma de la curva de crecimiento (Worrel et al., 1998). Varios investigadores han descrito resultados contradictorios en las estructuras de crecimiento para el mismo tipo de fruta. Hasta los años 80, se llegó a la conclusión de que el crecimiento de la fruta de la manzana sigue sobre todo una curva sigmoidea (Blanpied y Wilde, 1968). Sin embargo, muchos investigadores han identificado un período corto o temporal de crecimiento reducido de la fruta, que dio lugar a una curva doble-sigmoidea de crecimiento (Magein, 1989).

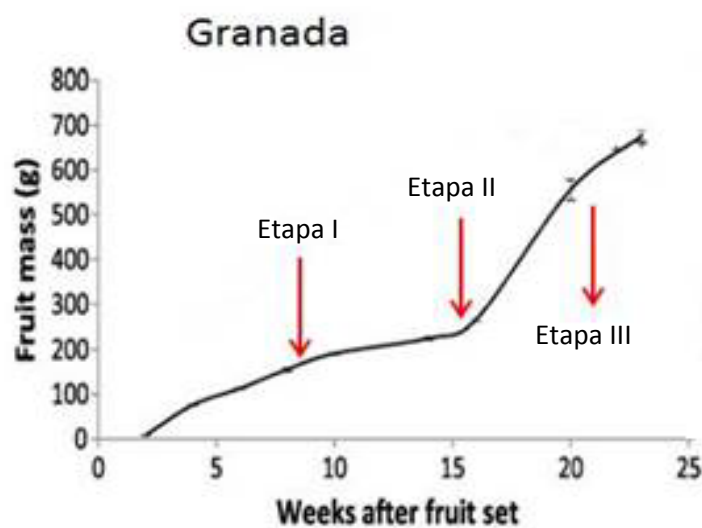


Gráfico 1: Curva de crecimiento de la granada.

Varios factores pueden contribuir a estas diferencias, incluyendo variaciones en el cultivo, errores de muestreo, diversos factores de la gestión de la huerta y diversos índices de crecimiento que dan curvas de crecimiento bastante diferentes (Opara, 2000). Magein (1989) observó que el crecimiento de la naranja 'Pippin de Cox' y la manzana 'Golden Delicious' siguió un crecimiento sigmoideo simple usando el diámetro de la fruta, y cuando los datos absolutos de crecimiento fueron utilizados, la estructura de crecimiento era doble sigmoideo.

Desde una perspectiva fisiológica, la maduración se refiere a los procesos asociados a completar el crecimiento natural y al desarrollo del tamaño completo. En tecnología de la post-recolección, la maduración se define comúnmente como "esa etapa en la cual una materia ha alcanzado una etapa suficiente de desarrollo que después de la cosecha y el manejo de la post-recolección, su calidad será por lo menos el mínimo aceptable por el consumidor final" (Reid, 2002). El término maduración se refiere a los procesos que cualitativamente transforman la fruta madura mientras que alcanza el final de su período de crecimiento.

Al-Maiman y Ahmad (2002) estudiaron los cambios en las propiedades físicas y químicas de la granada durante la maduración del fruto. Clasificaron las frutas en tres diversas etapas: verde, mitad-maduro y maduro. Encontraron que la fruta de cada etapa no mostró ninguna diferencia estadística en longitud, diámetro o contenido de volumen si no que las diferencias fueron obtenidas en el peso total, contenido de semillas y densidades.

1.4.4 Factores post-recolección.

En el mercado de productos frescos, existen unas especificaciones estándar mínimas de calidad en muchos países; sin embargo, debido al carácter internacional del mercado de productos frescos, hay una tendencia hacia la estandarización internacional de los grados de calidad. La Comisión Europea fue una de las primeras organizaciones en desarrollar normas o estándares internacionales para frutas frescas. Muchos de estos estándares han sido adoptados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Normalmente, los estándares requeridos para múltiples puntos de venta son más estrictos que estas normas mínimas, y son definidas por los vendedores para los proveedores. Desde el punto de

vista de la calidad del fruto, los factores que limitan el almacenamiento y vida útil son los siguientes: pérdida de peso, apariencia, textura, sabor/aroma y podredumbre. Además, los daños mecánicos producidos durante el proceso de manipulación pueden acelerar los cambios en los factores anteriores con una reducción más rápida en la calidad del fruto. Estos cambios son debidos a procesos fisiológicos o tecnológicos relacionados con la maduración del fruto y finalizan con la senescencia, y por tanto determinan la vida útil de un fruto en particular. El aumento de la vida de almacenamiento de los frutos se lleva a cabo a través del desarrollo de nuevas tecnologías post-cosecha dirigidas a reducir la tasa de deterioro y a mantener las características deseables de los frutos dando lugar a una gran expansión de las oportunidades de la industria para suministrar frutas de alta calidad en los mercados locales e internacionales.

1.5 VARIEDADES DE GRANADA

Las variedades de granado en España se catalogan, de acuerdo a la clasificación propuesta por Melgarejo (1993) en variedades dulces (0,15-0,48% ácido cítrico), agridulces (0,54-0,91% ácido cítrico) y variedades agrias (2,34-2,69% ácido cítrico).

En la Comunidad Valenciana, principal zona productora de granada, junto con la Comunidad Murciana a nivel nacional, y más concretamente en los municipios alicantinos de Elche, Crevillente, Albatera y San Isidro, la variedad más cultivada es la variedad denominada *Mollar de Elche*, seguida de la variedad *Valenciana*.

En estas zonas existen otras variedades locales tales como: *Blanca*, *Tendral*, *Piñonenca*, *Albar*, *San Felipe*, *Cajín*, *Pulpí*, etc.

La variedad denominada *Mollar de Elche* (*Fotografía 3*) es originaria de Elche. Esta variedad se empieza a recolectar en octubre (*Tabla 2*) y se caracteriza por presentar forma redondeada, frutos de calibres medios-grandes, semillas dulces, y de piñón blando. El color externo del fruto es rojo-amarillento y el color interior es rojo claro. La piel resiste bien el manipulado. Su contenido en sólidos solubles totales oscila de 13,44-17,68 °Brix, acidez de 0,24-0,35, con un porcentaje en zumo del orden del 34,42-40% y con un contenido medio en fibra bruta de 3,8-7,9% (Cambayas Coop. V., 2018).

La variedad denominada *Valenciana* (*Fotografía 4*) es una variedad característica por su tempranez ya que se empieza a recolectar a final de agosto (*Tabla 2*). Es de forma redondeada, calibre medio, semillas dulces y piñón inapreciable. El color interno es rosa claro y el externo rosa intenso. Piel sensible al manipulado. Su contenido en sólidos solubles totales es de 13,90-15,50 °Brix, acidez de 0,14-0,26, con un porcentaje en zumo del orden del 29,26-53,84% y con un contenido medio en fibra bruta de 8-16% (Cambayas Coop. V., 2018).

Los principales países productores de granada (China, EEUU, Israel, Turquía, Túnez, Marruecos, Irán, India,...) y competidores de España en producción de granada, se caracterizan por producir variedades de granada de sabor ácido. La variedad de granada más conocida es la *Wonderful* (*Fotografía 5*), se empieza a recolectar en octubre (*Tabla 2*), se caracteriza por presentar frutos de calibre medio a grande, corona alargada, color externo rojo, semillas de color rojo intenso, pequeñas, piñón semiduro y de sabor ácido. Es adecuada para uso industrial pero no para el consumo en fresco, su productividad suele ser de media a baja y no supera, generalmente, los 18.000 Kg/ha.



Fotografía 3. Variedad granada Mollar de Elche.



Fotografía 4. Variedad granada Valenciana.



Fotografía 5. Variedad granada Wonderful.

Tabla 2. Calendario de producción de distintas variedades de granada.

	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Granada Valenciana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Granada Mollar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Granada Wonderful	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: Cambayas Coop. V., 2018.

1.6 ELICITORES

Como hemos observado en apartados anteriores, 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 et al., 2007; Pérez-Balibrea et al., 2008). Además, se conoce como 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 et al., 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 y Joyce, 2004) y la estimulación del metabolismo secundario para la síntesis de fitoquímicos (Ruíz-García y Gómez-Plaza, 2013).

1.6.1 Jasmonato de Metilo.

El ácido jasmónico, 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 y 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 y Mullet, 1997; Wasternack, 2015). Uno de los primeros trabajos que hablan sobre el ácido jasmónico como una hormona, fue la identificación de JaMe como una sustancia promotora de la senescencia en el ajeno (Ueda y Kato, 1980). El ácido jasmónico y sus derivados, conocidos como jasmonatos, pertenecen a la familia de los derivados de ácidos grasos oxigenados colectivamente conocidos como oxilipinas, las cuales son sintetizadas por la vía del metabolismo oxidativo de los ácidos grasos poliinsaturados (Dar et al., 2015).

El efecto más estudiado de los jasmonatos ha sido su papel como inductor en la activación de las respuestas de defensa contra el ataque de diferentes herbívoros y patógenos del reino vegetal, desde las angiospermas hasta las gimnospermas, proponiendo que el mecanismo mediado por el ácido jasmónico bajo el cual se obtienen metabolitos inductores secundarios aparece en etapas tempranas de la evolución de las plantas superiores. Las tres vías principales de la formación de metabolitos secundarios inducidas por los jasmonatos son los terpenoides, alcaloides y fenilpropanoides, siendo estos últimos los que generan la acumulación de compuestos fenólicos. Muchos estudios han demostrado que los jasmonatos disparan una extensa reprogramación transcripcional de metabolismos a través de un aumento de la regulación de la expresión de genes, que codifican enzimas envueltas en una ruta particular de la síntesis de metabolitos secundarios y conduciendo al reconocimiento de los llamados reguladores transcripcionales (De Geyter et al., 2012; Dar et al., 2015; Wasternack, 2015).

En este trabajo nos vamos a centrar en el JaMe (*Imagen 2*) y su evidencia tras el tratamiento pre-cosecha. 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 el almacenamiento.

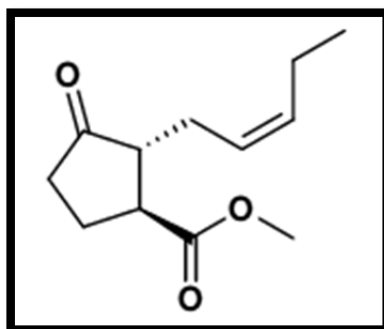


Imagen 2. Molécula de Jasmonato de Metilo.

1.6.1.1 Efectos del tratamiento pre-cosecha con JaMe.

Aunque existe una gran cantidad de estudios disponibles sobre los tratamientos pos-cosecha, la información del efecto del tratamiento pre-cosecha con JaMe sobre los atributos de calidad del fruto en el momento de la cosecha 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 y Tian, 2005).

Algunos trabajos muestran como el tratamiento pre-cosecha con JaMe podría afectar al crecimiento del fruto, aunque estos efectos son dependientes de la especie, la variedad, la concentración y el momento en el que se aplique. Así, se encontraron efectos contradictorios tras la aplicación de JaMe en pre-cosecha en manzanas, aumentando en algunos casos el tamaño y volumen del fruto (Altuntas et al., 2012) o sin obtener diferencias significativas en la misma variedad de manzana (Rudell et al., 2005) y en melocotones (Ziosi et al., 2008; Ruiz et al., 2013) en función de la concentración y el momento en el que se aplicaba el tratamiento con JaMe.

JaMe también provocó efectos en los parámetros relacionados con la maduración de los frutos, encontrándose también resultados contradictorios. Por tanto, concentraciones bajas de JaMe en melocotones retrasó el proceso de maduración (Ziosi et al., 2008) mientras que concentraciones altas aceleraron la maduración del fruto y la senescencia de la hoja (Janoudi y Flore, 2003). De manera similar, el tratamiento con JaMe en manzanas en estados tempranos de desarrollo retrasó la maduración mientras que la aplicación tardía aceleró este proceso (Rudell et al., 2005). Sin embargo, altas concentraciones de JaMe en ciruelas y naranjas

retrasaron los cambios relacionados con la maduración (Karaman et al., 2013; Khajehyar et al., 2016). Por otro lado, la aplicación de JaMe a bajas concentraciones en diferentes variedades de plantas de mora y frambuesa aumentaron el contenido en SST en la cosecha, siendo este efecto proporcional a la concentración aplicada (Wang y Zheng, 2005; Wang et al., 2008) y mantuvo los valores de firmeza, SST y color de fresas, mangos y naranjas (Saavedra et al., 2016; Muengkaew et al., 2016; Khajehyar et al., 2016).

En cuanto al efecto de tratamiento pre-cosecha con JaMe sobre la producción de etileno, se ha visto como bajas concentraciones inhibió la producción en manzanas (Fan et al., 1997) y en melocotones, permitiendo obtener fruta menos madura en la recolección y una disminución en la producción de etileno durante la maduración en el árbol (Soto et al., 2012), mientras que Ziosi et al. (2009) encontró efectos diferentes dependiendo de la concentración. El mecanismo por el cual el JaMe afecta a la producción de etileno parece estar regulado a nivel genético, con estimulación o inhibición de los genes responsables de su biosíntesis pudiendo estar ligado por ejemplo a la disminución de la expresión de la ACS (ACC sintasa), ACO (ACC oxidasa) y receptores transcritos de etileno (ETR) en melocotón (Soto et al., 2012; Ruiz et al., 2013).

En cuanto al contenido de compuestos bioactivos en los frutos, JaMe aumentó tanto la cantidad de fenoles totales en frambuesa China (Wang et al., 2009) como su efecto en la inhibición de la proliferación de las células del cáncer y la inducción de la apoptosis (Wang et al., 2008), lo cual podría ser atribuido al efecto del JaMe en la estimulación de las rutas de biosíntesis de fenoles (Wang et al., 2009). Además, la concentración total de fenoles y antocianinas, así como la actividad antioxidante, aumentó en las cerezas de los árboles tratados con JaMe 1,0mM, tanto en la cosecha como en el almacenamiento en frío, pero en ciruelas 'Fortune' este efecto fue dependiente de la concentración utilizada. Estos resultados fueron inconsistentes con otros publicados para fenoles individuales, en los que los frutos control obtuvieron una concentración entre 5 y 30 veces más alta en el compuesto fenólico principal (el ácido clorogénico) al compararlo con todos los frutos tratados con JaMe (Karaman et al., 2013), aunque en otros casos como en la frambuesa se aumentó en contenido fenólico total en los frutos tratados sin encontrar cambios en el perfil (Wang y Zheng, 2005) y

en grosellas negras, manzanas `Fuji` y ciruelas `Fortuna` y `Friar` el contenido en fenoles individuales siempre se encontró mayor concentración en los frutos tratados con JaMe comparados con los controles (Flores y Ruíz del Castillo, 2014; Ozturk et al., 2015a; 2015b).

Por otro lado, mangos tratados en pre-cosecha con JaMe también aumentaron la concentración de antocianinas en la piel tanto en la recolección como durante el almacenamiento (Muengkaew et al., 2016), al igual que en fresas (Wang et al., 2008; Saavedra et al., 2016), frambuesas (Wang y Zheng, 2005) o manzanas (Shafiq et al., 2013) y en uva tratada con JaMe en el envero (Portu et al., 2016). Además, el tratamiento con JaMe en racimos de uva de vino de las variedades *Syrah*, *Monastrell* y *Barbera* generó un aumento en estilbeno y en el contenido de antocianinas tanto en la uva y como en el vino (Fernández-Marín et al., 2014; Ruíz-García et al., 2012; 2013; Portu et al., 2015). En otros experimentos se ha demostrado como algunos compuestos lipofílicos como el licopeno y la Vitamina E también aumentaron en frutos y vegetales por el tratamiento con JaMe (Wasternack, 2014; Wang y Zheng, 2005).

En conclusión, la aplicación de JaMe tienen un gran potencial para la industria agro-alimentaria 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 pre-cosecha y pos-cosecha. Especialmente, el tratamiento pre-cosecha 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 potenciales para la salud.

1.6.1.2 Efectos del tratamiento post-cosecha con JaMe.

Actualmente, muchos de los conocimientos sobre el efecto del 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 pos-cosecha, como los daños por frío, la infección por algunos patógenos y el estrés mecánico, entre otros (Peña-Cortés et al., 2005; Sayyari et al., 2011).

Además, se ha comprobado como el tratamiento pos-cosecha con JaMe promueve la maduración climatérica de los frutos climatéricos aumentando la

producción de etileno en frutas como el melocotón, mango, tomate y manzana (Peña-Cortes et al., 2005), al igual que en ciruelas (Khan y Singh, 2007), y en frutos no climatéricos como la frambuesa (Concha et al., 2013) aunque recientemente se han encontrado resultados contradictorios ya que redujo las pérdidas de calidad producidas en el periodo de almacenamiento y alargó la vida útil de jínjoles y albaricoques (Dong et al., 2016; Ezzat et al., 2017) y disminuyó la síntesis de etileno en berenjenas (Fan et al., 2016). El JaMe provocó también aumentos en el contenido de flavonoides y antocianinas durante el almacenamiento en frío de arrayán, mora, frambuesa, fresa y uva (Wang et al., 2008; de la Peña et al., 2010; Spagnuolo et al., 2016; Gómez-Plaza et al., 2017). Recientemente se ha comprobado el efecto del JaMe en aumentar la actividad de ciertas enzimas antioxidantes como peroxidasa (POD) y catalasa (CAT) en tomate, fresa, jínjol y berenjena (Zhang et al., 2016; Asghari y Hasanlooe, 2016; Dong et al., 2016; Fan et al., 2016).

El efecto del JaMe como tratamiento pos-cosecha ha sido efectivo para reducir el desarrollo de los síntomas de daños por frío en un gran número de cultivos hortícolas como la guayaba (González-Aguilar et al., 2004), el limón (Sibozza et al., 2014), granada (Sayyari et al., 2011), tomate (Zhang et al., 2016), melocotón (Jin et al., 2013) y banana (Zhao et al., 2013) atribuyéndose sus efectos al mantenimiento de la integridad de la membrana y a un aumento del contenido de ácido jasmónico endógeno y la expresión de los genes implicados en la biosíntesis de ácido jasmónico (Zhao et al., 2013). También redujo de manera significativa la severidad de los daños por frío en níspero (Cao et al., 2012) y en tomates cherry (Zhang et al., 2012). De la misma manera, se ha visto la influencia del JaMe sobre la acumulación y expresión de genes de la lignina que aparece con los daños por frío en el kiwi durante el almacenamiento (Li et al., 2017). Además, se ha comprobado que el tratamiento pos-cosecha con JaMe disminuye los daños por frío en algunas hortalizas sensibles como el pepino, manteniendo la actividad de las enzimas antioxidantes que reprimen el aumento de los niveles de H_2O_2 y O_2 , protegiendo la ultraestructura de los cloroplastos y las mitocondrias (Li et al., 2012; Liu et al., 2016).

El JaMe también podría disminuir la incidencia de los daños por frío aumentando la actividad de la superóxido dismutasa, catalasa y ascorbato peroxidasa y disminuyendo la actividad de la lipooxigenasa (LOX) como se propuso para el níspero

(Cao et al., 2009) y aguacate (Sivankalyani et al., 2015) o aumentando la actividad de la peroxidasa en melocotón y tomate (Meng et al., 2009; Zhang et al., 2016). Además, recientemente se ha comprobado que el metabolismo de los azúcares solubles también está envuelto en la resistencia a los daños por frío de los melocotones tratados con JaMe, aumentando los niveles de estos a lo largo del almacenamiento en los frutos tratados (Yu et al., 2016). De la misma manera, el uso de JaMe en pos-cosecha también ha incrementado la concentración de compuestos bioactivos en granada, fresa y mora durante su almacenamiento en frío (Chanjirakul et al., 2006; Sayyari et al., 2011) y el aumento del contenido de fenoles en uva y vino (Portu et al., 2015) además de mantener niveles altos de actividad de las enzimas antioxidantes durante el almacenamiento de nísperos y melocotones (Cao et al., 2009; Jin et al., 2009) y en frutos sensibles a los daños por frío como la frambuesa (Chanjirakul et al., 2006), la naranja (Khajehyar et al., 2016) y el mango (Muengkaew et al., 2016).

Por otro lado, existen muchos estudios que muestran la efectividad de JaMe para reducir las enfermedades pos-cosecha en productos hortofrutícolas, posiblemente por la supresión directa del crecimiento de patógenos, y/o induciendo indirectamente la resistencia a las enfermedades, probablemente debido a la resistencia sistémica adquirida (RSA) como una molécula señal (Beckers y Spoel, 2006). Por tanto, la aplicación de tratamiento pos-cosecha de JaMe fue eficaz para suprimir la pudrición de la antracnosis producida por *Colletotrichum acutatum* en níspero (Cao et al., 2008) y por *Colletotrichum musae* en bananas (Tang et al., 2013) y redujo la podredumbre parda en pos-cosecha causada por *Monilinia fructicola* (Yao y Tian, 2005) y el problema de moho azul causado por *Penicillium expansum* en cerezas (Wang et al., 2015a). El JaMe en pos-cosecha también redujo el problema de moho verde causado por *Penicillium digitatum* en pomelo (Droby et al., 1999) y aumentó la resistencia a enfermedades causadas por *Botrytis cinerea* en tomates (Zhu y Tian, 2012) y de *Glomerella cingulata* y *Botrytis cinerea* en bayas de uva (Wang et al., 2015b; 2015c). Sin embargo, existen resultados contradictorios en los que JaMe no ha tenido un efecto antifúngico directo por ejemplo, para la germinación de esporas o el alargamiento del tubo germinal de *P. digitatum* (Droby et al., 1999) o tuvo un efecto inhibitorio muy pequeño en el crecimiento micelial y la germinación de esporas de *M. fructicola* (Yao y Tian, 2005).

1.7 PRODUCCIÓN E IMPORTANCIA ECONÓMICA

1.7.1 Producción de granada.

La Granada (*Punica granatum*, *Punicaceae*) es una fruta típica de muchos países tropicales y subtropicales, incluyendo casi todos los países de la cuenca Mediterránea. El consumo de granadas en el mundo está aumentando a un ritmo acelerado en los últimos años a causa del creciente interés por los efectos beneficiosos para la salud y a su marcada actividad antioxidante. Los principales países productores de granada son India, Irán, EEUU, Turquía, España e Israel, por lo que España se asienta como uno de los principales productores del mundo y el principal productor y exportador de Europa. La producción española de granada es de 56.266 t que supone el 1,15% del total de los frutales de fruto fresco no cítricos cultivados en España (MAPAMA, 2016), producción que se concentra (81%) en la provincia de Alicante, concretamente en Elche, Albatera y Crevillente, por orden de importancia, lo que pone de manifiesto su importancia socio-económica en estas comarcas, representando un porcentaje muy elevado de su producción total de fruta y de su producción agrícola (Melgarejo, 2010). El 84% de la producción total de granadas (47.263 t) se destina para el consumo en fresco y el resto se destina a la industrialización, principalmente a la obtención de zumos. Según los datos del Anuario de Estadística Agraria (MAPAMA, 2016), en 2015 en España habían plantadas 4.753 hectáreas de granado, de las cuales más de 3.000 se concentraban en la provincia de Alicante, concretamente en las comarcas del Bajo Vinalopó y el Bajo Segura.

El cultivo de granado ha variado a lo largo de los años. Según observamos en el *Gráfico 2*, del año 2008 a 2009 hay un pequeño descenso de hectáreas plantadas. A partir de dicho año, el cultivo del granado comienza a aumentar llegando a 4.753 ha en 2015, como ya se mencionó anteriormente.

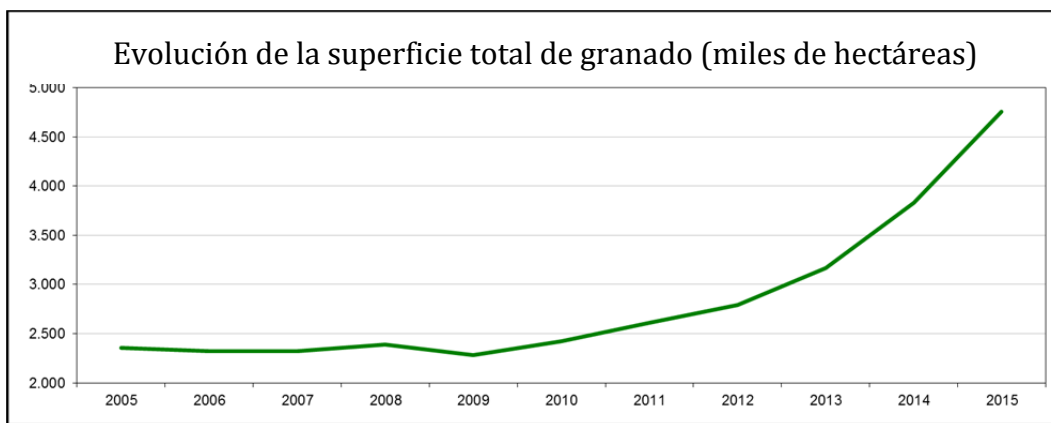


Gráfico 2. Evolución de la superficie de granado en miles de hectáreas.

(Fuente: MAPAMA 2016).

Al igual que ocurría en el gráfico anterior, la producción de granado aumenta pasado el año 2009 llegándose a recolectar 56.185 toneladas de granadas en 2015 (Gráfico 3).

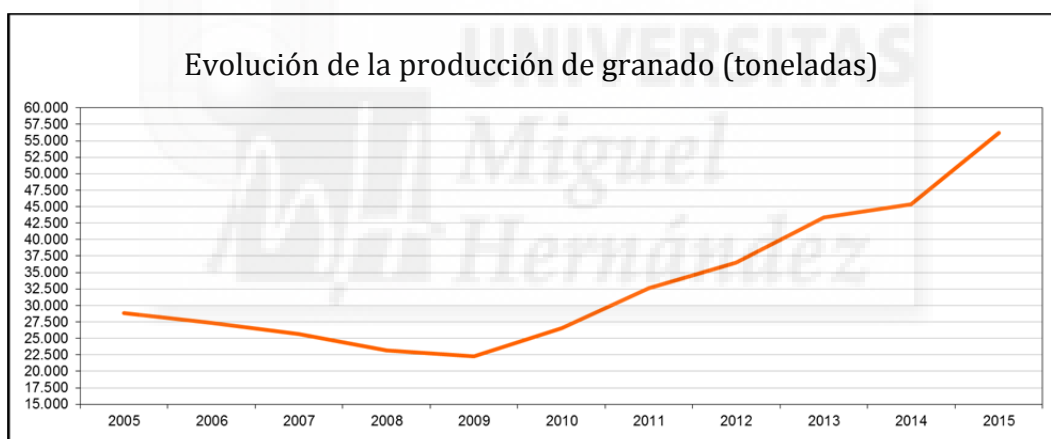


Gráfico 3. Evolución de la producción de granado en toneladas.

(Fuente: MAPAMA 2016).

Respecto a la evolución del valor de granado, en el Gráfico 4 podemos ver como el pico máximo corresponde al año 2013 con un valor de 28.139 millos de €. Tras éste año se produjo un descenso del valor a pesar de que su producción fue mayor. De 2014 a 2015 vuelve a aumentar el valor alcanzando los 27.581 millones de euros.



Gráfico 4. Evolución del valor de granado en miles de euros.

(Fuente: MAPAMA 2016).

En España, la mayor superficie de producción de granado (*Tabla 3*) se halla en la Comunidad Valenciana seguida por Andalucía y Región de Murcia con 3.813, 489 y 233 hectáreas respectivamente. Dentro de la Comunidad Valenciana la mayor producción se encuentra en Alicante (3.064 ha) seguida de Valencia (719 ha) y Castellón (30 ha). Respecto a Andalucía, las comunidades autónomas de mayor producción son Huelva, Málaga y Córdoba con 161, 100 y 69 hectáreas de cultivo plantadas respectivamente.

En cuanto a la producción en toneladas, la clasificación es exactamente la misma que en superficie de plantación, estando de nuevo la Comunidad Valenciana a la cabeza con 49.844 toneladas de granada, seguida de Andalucía (2.528 t) y Región de Murcia (2.244 t).

Tabla 3. Superficie y producción de granado por provincia y Comunidad Autónoma.

Provincias y Comunidades Autónomas	Superficie en plantación regular (hectáreas)					Árboles diseminados (número)	Rendimiento			Producción (toneladas)		
	Total		En producción				Superficie en producción (kg/ha)		Árboles diseminados (kg/árbol)	En plantación regular	Árboles diseminados	Producción Total
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío		Secano	Regadío				
Huesca	-	15	15	-	2	-	-	7.500	-	15	-	15
Zaragoza	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
ARAGÓN	-	16	16	-	3	-	-	5.000	-	15	-	15
Lleida	5	48	53	5	41	-	11.560	22.079	-	963	-	963
Tarragona	4	35	39	3	11	-	5.000	10.000	-	125	-	125
CATALUÑA	9	83	92	8	52	-	9.100	19.524	-	1.088	-	1.088
BALEARES	-	6	6	-	6	-	-	9.167	-	55	-	55
Ávila	-	-	-	-	-	64	-	-	15	-	1	1
Palencia	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
CASTILLA Y LEÓN	-	-	-	-	-	69	-	-	14	-	1	1
MADRID	-	-	-	-	-	146	-	-	12	-	2	2
Ciudad Real	-	-	-	-	-	175	-	-	15	-	3	3
CASTILLA-LA MANCHA	-	-	-	-	-	175	-	-	15	-	3	3
Alicante	-	3.064	3.064	-	2.377	1.900	-	19.200	20	45.638	38	45.676
Castellón	-	30	30	-	17	-	-	4.000	-	68	-	68
Valencia	8	711	719	7	214	-	4.800	19.000	-	4.100	-	4.100
C. VALENCIANA	8	3.805	3.813	7	2.608	1.900	4.800	19.085	20	49.806	38	49.844
R. DE MURCIA	-	233	233	-	187	-	-	12.000	-	2.244	-	2.244
Badajoz	-	53	53	-	27	-	-	15.000	-	405	-	405
Cáceres	-	24	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EXTREMADURA	-	77	77	-	27	-	-	15.000	-	405	-	405
Almería	-	45	45	-	26	-	-	24.538	-	638	-	638
Cádiz	-	27	27	-	26	-	-	1.000	-	26	-	26
Córdoba	38	31	69	27	21	-	1.500	5.500	-	156	-	156
Granada	13	16	29	9	16	1.510	4.500	11.536	21	225	32	257
Huelva	4	157	161	4	25	-	2.000	27.665	-	700	-	700
Jaén	5	3	8	2	3	-	1.100	3.300	-	12	-	12
Málaga	40	60	100	20	58	-	2.000	7.000	-	446	-	446
Sevilla	8	42	50	7	28	-	2.050	9.935	-	293	-	293
ANDALUCÍA	108	381	489	69	203	1.510	2.109	11.575	21	2.496	32	2.528
Las Palmas	-	-	-	-	-	1.820	-	-	2	-	4	4
S.C. de Tenerife	-	27	27	-	27	745	-	2.750	2	76	1	77
CANARIAS	-	27	27	-	27	2.565	-	2.750	2	76	5	81
ESPAÑA	125	4.628	4.753	84	3.113	6.365	2.999	17.967	13	56.185	81	56.266

Fuente: MAPAMA 2016.

2. OBJETIVOS

La granada (*Punica granatum* L.) está considerada como una de las frutas comestibles más antiguas, la cual se cultiva de forma extensiva en poblaciones del Mediterráneo, incluyendo a España. Generalmente se consume en fresco (arilos) o en zumo. Los frutos son recolectados normalmente cuando están completamente maduros, puesto que son frutos no climatéricos y muestran una tasa de respiración baja (Ben-Arie et al., 1984), poseen un brillo ceroso y un color que va desde el rojizo al rojo dependiendo de la variedad.

Los estudios sobre tratamientos pre-cosecha en granada para mejorar tanto la producción como la calidad en la cosecha, no han recibido mucha atención y pocos son los estudios disponibles. Por otro lado, el consumidor actual cada vez demanda más el uso de tecnologías no contaminantes, ni para los alimentos ni para el medio ambiente, por lo que los tratamientos pre-cosecha con compuestos químicos suelen ser rechazados y además, están sometidos a legislaciones muy severas.

En este Trabajo Fin de Grado se pretende estudiar la aplicación de Jasmonato de Metilo a distintas dosis en pre-cosecha para evaluar su posible papel en la mejora de la producción y de la calidad del fruto entero y los arilos de granadas 'Mollar'. Para ello, se van a estudiar los siguientes parámetros en el momento de la cosecha:

- Producciones totales.
- Número de frutos por árbol.
- Peso de los frutos.
- Tasa de respiración.
- Color externo e interno.
- Evaluación de la textura.
- Determinación de los sólidos solubles.
- Determinación de la acidez total.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 MATERIAL VEGETAL

El fruto utilizado para realizar este trabajo ha sido la granada *Punica granatum* L. de la variedad Mollar de Elche.

Las granadas de este experimento provienen de una finca situada en el campo de Elche propiedad de la cooperativa 'Cambayas'.

Tras la recolección, los frutos fueron transportados al laboratorio de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (E.P.S.O.), perteneciente a la Universidad Miguel Hernández de Elche.

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental de este Trabajo Fin de Grado comenzó con el tratamiento tras la floración del granado con Jasmonato de Metilo. Aproximadamente, un mes tras la floración se procedió a realizar el primer tratamiento mediante spray. Tras este primer tratamiento, todos los árboles se volvieron a tratar en un total de 5 ocasiones espaciadas en el tiempo cada 30 días. Posteriormente, se llevó a cabo la recolección de los frutos el día 18 de Octubre, día en el que fueron llevados al laboratorio y donde se seleccionaron las que no presentaban ningún tipo de daño. Posteriormente y con el objeto de evaluar las producciones totales, el día 31 de Octubre se recolectaron el resto de granadas no recogidas en la primera fecha de recolección.

De entre todas las granadas recolectadas, fueron seleccionadas 60 que no presentaban daños. Como se explica en el *Diagrama 1*, los frutos se separaron en lotes de 15 frutos para cada tratamiento, es decir, para los frutos control y para los tratados con las distintas dosis de Jasmonato de Metilo.

Las primeras determinaciones que realizamos fueron las no destructivas, como son el peso de las granadas, el color, la firmeza y las tasas de respiración y de producción de etileno. A continuación, se partían las granadas en dos obteniendo muestras homogéneas de 10 mitades por repetición y tratamiento. Una de ellas se utilizó para obtener dos zumos que eran, a su vez, analizados por duplicado para obtener el contenido en sólidos solubles y acidez.

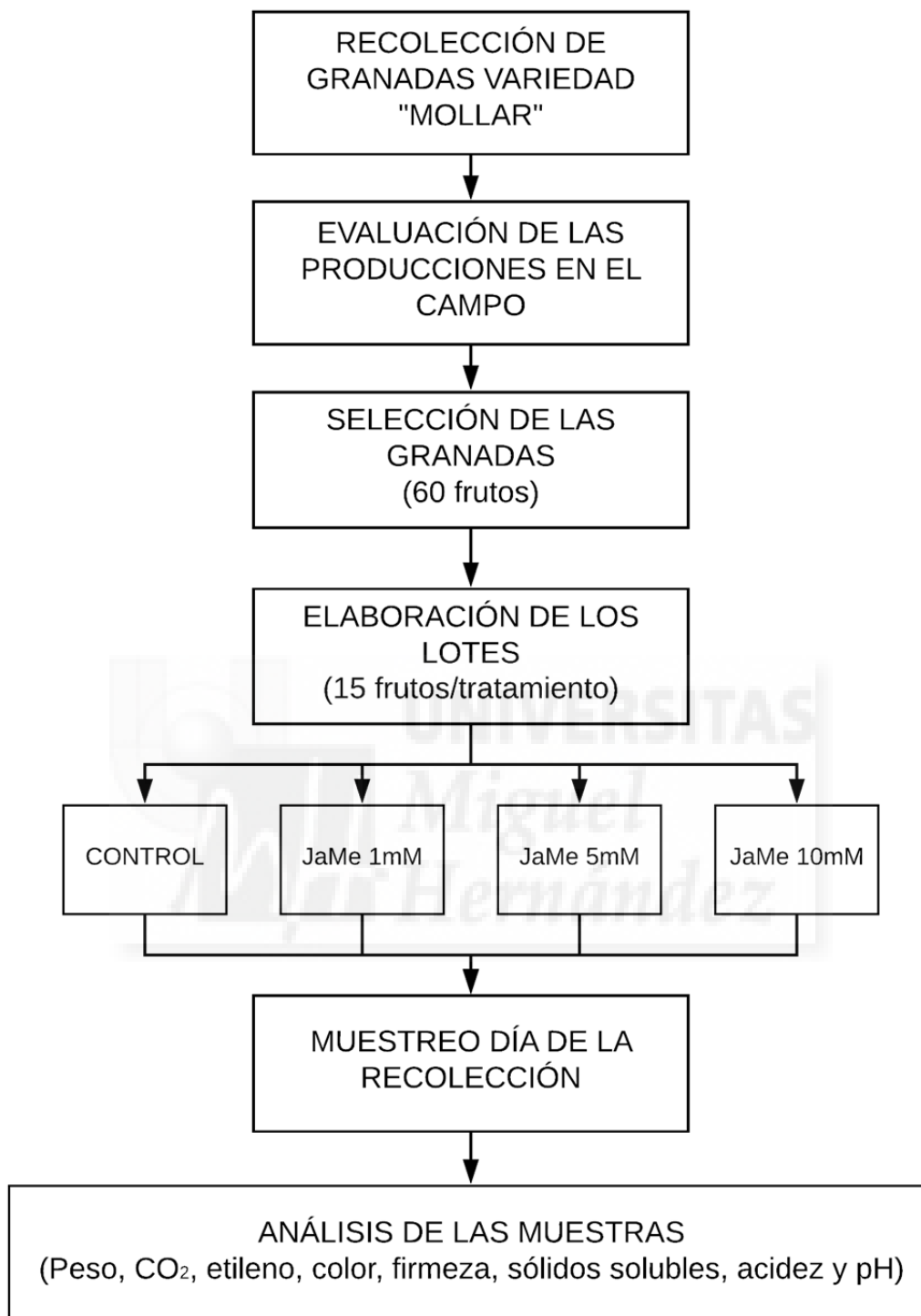


Diagrama 1: Diseño experimental en las granadas de la variedad Mollar.

3.3 DETERMINACIONES ANALÍTICAS

3.3.1. Determinación de Etileno.

Para la determinación de la emisión de etileno se aprovecha el sistema estático propuesto por Kader (1992) utilizado en la determinación de CO₂. La emisión de etileno se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{nL.de.C_2H_4}{g \times h} = \frac{(V - P) \times (600 \times \text{área}.C_2H_4)}{\text{área}.patrón \times P \times T}$$

Donde:

V= volumen del recipiente (ml).

P= peso de la muestra (g).

Área CO₂= área obtenida en el cromatógrafo.

Área patrón correspondiente a 10 mg/l.

T= tiempo que ha permanecido cerrado el recipiente (min).

Para determinar la producción de etileno, las muestras se inyectaron en un cromatógrafo de gases (Hewlett-Packard 5890 A) en las siguientes condiciones de trabajo:

- Temperatura del horno: 90°C.
- Temperatura del inyector: 150°C.
- Temperatura del detector: 150°C.
- Flujo del gas portador (N₂): 30ml/mm.

El etileno se detectaba en un detector de ionización de llama (FID) y la separación se realizaba en una columna de tamiz molecular de 13*50/80 mesh de 12 pulgadas.

El pico de etileno se identifica por su tiempo de retención en la columna que, en estas condiciones, es de 1,8 minutos y el área de integración del pico en cada muestra se comparaba con la de un patrón de concentración conocida, en este caso de 10 ppm.

Los resultados se expresaron en nanolitros de etileno desprendido por gramo de fruta y hora ($\text{nL de C}_2\text{H}_4 \times \text{g}^{-1} \times \text{h}^{-1}$).



Fotografía 6: Cromatógrafo de gases utilizado para medir CO_2 y O_2 .

3.3.2. Determinación de CO_2 .

Durante la respiración, todo tejido vegetal consume O_2 y libera CO_2 . El metabolismo del fruto está íntimamente ligado con la actividad respiratoria. La medida de la respiración se refiere tanto a la producción de CO_2 como al consumo de O_2 . Sin embargo, normalmente se mide la producción de CO_2 por ser un procedimiento más sencillo. La medida de la actividad respiratoria se puede realizar por un sistema estático o cerrado, o por un sistema dinámico, de flujo o abierto. En nuestro experimento se optó por un sistema estático.

Utilizamos el sistema propuesto por Kader (1992). Este sistema implica encerrar el producto en un recipiente herméticamente cerrado por un período de tiempo determinado. El gas producido como consecuencia de la respiración se acumula con el tiempo en el interior del recipiente. La cantidad de gas producido puede determinarse conociendo el peso del producto, el volumen del recipiente y la concentración del gas después de un determinado período de tiempo.

$$\frac{\text{mg} \cdot \text{CO}_2}{\text{kg} \times \text{h}} = \frac{(V - P) \times (26400 \times \text{área} \text{CO}_2)}{22,4 \times P \times T}$$

Donde:

V= volumen del recipiente (ml).

P= peso de la muestra (g).

Área CO₂= área obtenida en el cromatógrafo.

T= tiempo que ha permanecido cerrado el recipiente (min).

Para la determinación de etileno y CO₂ en sistema estático se introdujeron los frutos enteros por lotes en tarros de plástico de 4 litros de capacidad, con cierre hermético y una tapadera que tenía una válvula de material elastómero que permitió realizar las inyecciones.

Los frutos permanecieron en los tarros cerrados durante 60 minutos. Transcurrido este tiempo, se procedió a extraer el aire del espacio de cabeza del interior del recipiente. Se extrajeron 5 jeringuillas con un volumen de 1 ml cada una, de cada uno de los recipientes.

Para determinar el CO₂, se inyectó el contenido de las jeringuillas en un cromatógrafo de gases (Shimadzu GC 14 A) siguiendo unas determinadas condiciones de trabajo, que son las siguientes:

- Temperatura del horno: 50°C.
- Temperatura del inyector: 115°C.
- Temperatura del detector: 115°C.
- Flujo del gas portador (Helio): 16ml/mm.
- Patrón utilizado: aire atmosférico (0,036%).

El pico de CO₂ se detecta por su tiempo de retención, que en estas condiciones de trabajo se encuentra entre 1,4 y 1,6 minutos. La concentración de CO₂ en las muestras tomadas en los botes, se calcula comparando el área de integración del pico de la muestra con la de un patrón de CO₂ de concentración conocida, que en este experimento fue la presente en la atmosfera, de 0,036%.

Los resultados se expresaron en mg de CO₂ desprendido por kg de fruta y hora (mg CO₂ × kg⁻¹ × h⁻¹).

3.3.3. Evaluación del color.

El color se determinó utilizando el sistema Hunter Lab (L^* , a^* , b^*) mediante un colorímetro triestímulo Minolta modelo CR200. Se realizaron tres medidas del color para cada fruto en tres puntos equidistantes de la zona ecuatorial.

Este sistema de medida es el más ampliamente conocido puesto que permite aproximarse a la percepción humana del color. Estas coordenadas están relacionadas con tres índices básicos que se pueden distinguir en cualquier apreciación del color: luminosidad y cromaticidad.

Estos tres parámetros son:

- L^* . Indica la luminosidad del fruto y varía de 0 (negro) a 100 (blanco).
- a^* y b^* . Indican conjuntamente la cromaticidad, a^* representa el eje que va desde colores verdes ($-a^*$) hasta colores rojos ($+a^*$); y b^* representa el eje que va desde el color azul ($-b^*$) hasta color amarillo ($+b^*$).

Cada color viene dado por los valores de estas tres coordenadas, que representan un punto en el espacio tridimensional (Minolta, 1994). Los resultados se expresaron como L^* , a^* , b^* y el ángulo de Hue ($H^* = \arctg b^*/a^*$).



Fotografía 7: Colorímetro utilizado para medir el color.

3.3.4. Determinación de la firmeza.

Para la determinación de la firmeza del fruto entero, se utilizó un texturómetro TA-XT2i® (Aname Instruments), que está conectado a un ordenador para procesar los datos.

Con esta prueba se pretende deformar el producto un 10% respecto a su diámetro ecuatorial. Para ello, se empleó un disco plano de acero montado sobre un texturómetro TA-XT2i® como se observa en la *Fotografía 8*.

La velocidad de descenso del disco fue de 20 mm min^{-1} , hasta alcanzar una deformación del 3%. Los resultados se expresaron como la relación existente entre la fuerza necesaria para conseguir la deformación anteriormente citada y la distancia de dicha deformación en N mm^{-1} .



Fotografía 8: Texturómetro utilizado para medir la firmeza de los frutos.

3.3.5. Evaluación de los sólidos solubles.

Para la determinación del contenido total en sólidos solubles (SST) se utilizó la refractometría sobre el zumo filtrado extraído de cada lote de cinco granadas. Esta técnica se basa en la diferencia que existe entre los índices de refracción del agua destilada y un medio de concentración determinada de sustancias disueltas. Este método no establece estrictamente el nivel de azúcares, sino la concentración de sólidos solubles, la cual se relaciona con el nivel de azúcares y con el estado de madurez de los frutos.

Antes de realizar la determinación de los sólidos solubles se llevó a cabo la preparación de las muestras. Para ello se cortaron por la mitad las cinco granadas de cada uno de los lotes a analizar, se separaron los arilos de la corteza y estos se envolvieron en una tela de algodón para exprimirlos con la ayuda de un mortero. Así se extrajo el zumo de los frutos y se realizaron dos medidas de cada cinco frutos.

Para realizar la determinación de los sólidos solubles se midieron los °Brix colocando unas gotas en un refractómetro Warszawa modelo RL2, con una sensibilidad de $\pm 0,2$ °Brix. El refractómetro se calibra con agua destilada, y las medidas se realizaron a 20°C.



Fotografía 9: Refractómetro utilizado para medir los °Brix (SST).

3.3.6. Determinación del pH y de la acidez titulable.

Para determinar la acidez de los frutos se utilizó 1 mL del zumo extraído tras exprimir los arilos de las granadas y se disolvió en 25 mL de agua destilada. Para llevar a cabo el análisis se utilizó un valorador automático Metrohm, modelo 785DMP Tritino, complementado con un cambiador de 24 posiciones modelo 760 y con una impresora modelo DP40-24N. Así se obtiene el pH inicial y se realiza la valoración hasta un pH final de 8,1 con NaOH 0,1 N. Los resultados se expresaron en mg equivalentes del ácido orgánico mayoritario.

$$\text{Gramos de ácido málico /100 mL} = 6,7 * V_1 * f * N / P$$

Donde:

N= Normalidad del NaOH.

V1= volumen de NaOH 0,1 N utilizado en la valoración.

F= Factor del NaOH.

P= Peso de la muestra (g).

El resultado final se expresó en: media \pm ES.



Fotografía 10: Valorador automático Methrom, utilizado para determinar la acidez.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EFECTO DEL JASMONATO DE METILO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE GRANADA

Tras analizar los resultados de la primera recolección de granadas (*Figura 1*), observamos que el Jasmonato de Metilo tuvo un efecto positivo al tratamiento pre-cosecha.

De hecho, varias de las dosis aplicadas muestran mayores niveles de producción de granada con respecto a los árboles controles. El tratamiento con JaMe 5mM fue el que mostró mayor nivel de producción ($42,0 \pm 2,4$ Kg/árbol). Por el contrario, los árboles tratados con la mayor de las dosis (10mM), no mostró un efecto positivo, al obtener una producción menor que el control.

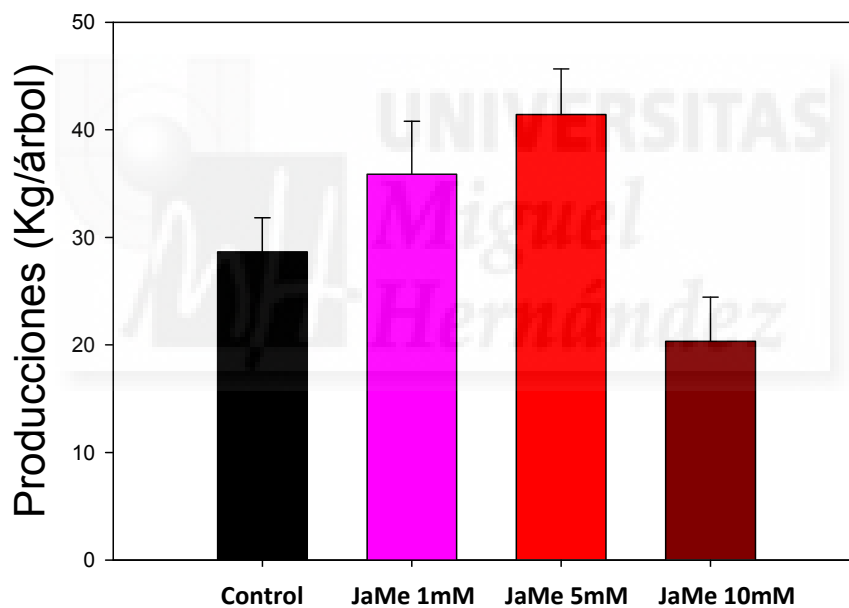


Figura 1. Producciones totales tras la primera recolección de granadas tratadas en pre-cosecha con Jasmonato de Metilo a distintas dosis y controles.

Al representar juntas la suma de la primera y la segunda recolección (*Figura 2*), observamos como todos los experimentos han obtenido un valor mayor con respecto a la *Figura 1*. El tratamiento aplicado a las granadas en pre-cosecha vuelve a mostrar efectividad en todas las concentraciones de JaMe, mostrando cifras superiores al control ($37,7 \pm 3,3$ Kg/árbol) y volviendo a alcanzar los mayores valores de producción

los árboles tratados con JaMe 5mM ($48,2 \pm 5,1$ Kg/árbol), aunque sin diferencias significativas entre la producción del resto de los árboles tratados con JaMe.

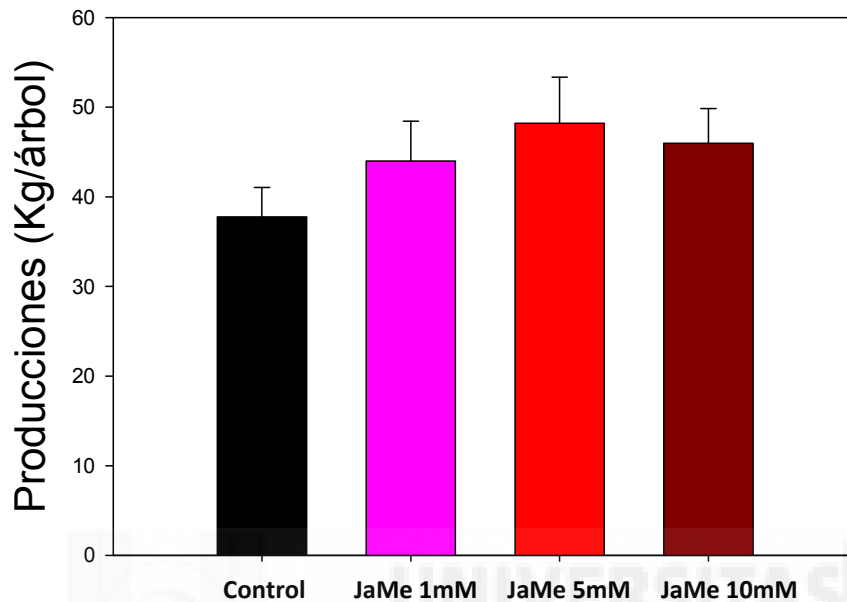


Figura 2. Producciones totales tras las dos recolecciones efectuadas en granadas tratadas en pre-cosecha con Jasmonato de Metilo a distintas dosis y controles.

De forma general, el efecto del elicitor estudiado resultó ser positivo con respecto al número de frutos por árbol que se obtuvieron. Según los valores que se aprecian en la *Figura 3*, los tratamientos que consiguieron un mayor número de frutos fueron JaMe 1mM ($138,0 \pm 5,0$ fruto/árbol) y JaMe 5mM ($141,2 \pm 2,4$ fruto/árbol), sin mostrar diferencias significativas entre ambas dosis. En este caso, los árboles control fueron los de menor producción siendo de $107,8 \pm 2,6$ frutos/árbol.

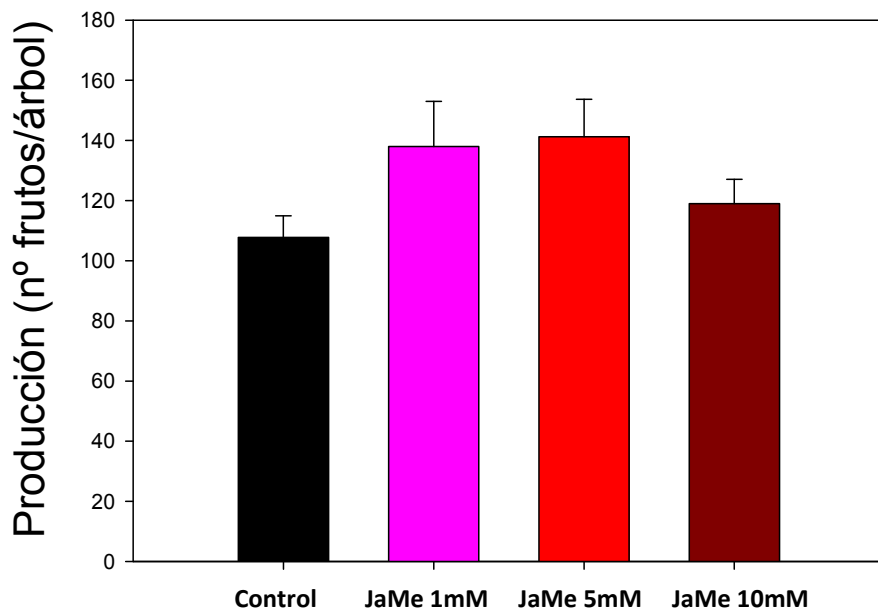


Figura 3. Producciones totales tras las dos recolecciones de granadas tratadas en pre-cosecha con Jasmonato de Metilo a distintas dosis y controles.

Teniendo en cuenta todos los datos relativos a las producciones, se pudo comprobar como las producciones totales como el número de frutos por árbol se vió incrementado por el efecto del JaMe. Este efecto podría deberse tanto al incremento del peso de los frutos como al número de granadas por árbol. El número de estudios con respecto a este compuesto aplicado (JaMe) en pre-cosecha en productos vegetales es muy limitado. Además los resultados que previamente se han observado en dichos estudios llegan a ser contradictorios. De hecho, mientras que en uva se ha encontrado que el tratamiento aplicado con JaMe redujo el peso de los racimos (Portu et al., 2015), los tratamientos pre-cosecha con JaMe consiguieron aumentar las producciones y el tamaño de distintas variedades de ciruela (Martínez-Esplá et al., 2014). Posiblemente la dosis aplicada y el momento de la aplicación de las mismas pueda ser la responsable de los diferentes resultados obtenidos en los estudios consultados (Martínez-Esplá, 2017).

Con respecto al peso medio del fruto, se procedió a pesar los frutos de forma individual por lotes y se comprobó que el tratamiento aplicado a los árboles no es efectivo a las dosis más bajas, al no mostrarse diferencias significativas entre estas dosis de JaMe y el control (*Figura 4*).

Sin embargo, el JaMe 10mM alcanzó un valor mayor con respecto al resto obteniendo diferencias significativas con respecto al control. El peso de estos frutos alcanzaron los $385,2 \pm 9,9$ g de media. Los resultados fueron superiores a los obtenidos en los árboles tratados con las menores concentraciones de JaMe y controles.

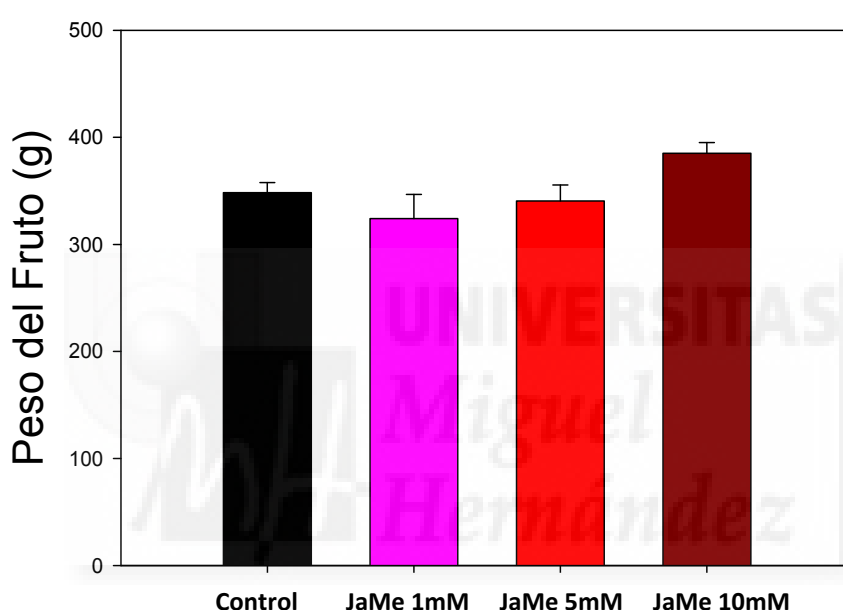


Figura 4. *Peso de los frutos tras las dos recolecciones de granadas tratadas en pre-cosecha con Jasmonato de Metilo a distintas dosis y controles.*

Existen estudios limitados que hablen sobre el efecto del JaMe en el tamaño del fruto, además, se han obtenido resultados contradictorios. Así, el tratamiento en melocotón con JaMe a 0,8mM o 0,2mM no afectó ni al peso ni al tamaño del fruto en el momento de la recolección (Ziosi et al., 2008; Ruiz et al., 2013). Por otro lado, en manzanas 'Fuji', el tratamiento con JaMe a concentraciones de 5, 10 y 20mM redujeron el tamaño y el peso del fruto debido a la inhibición de la expansión y elongación de las células (Rudell et al., 2005). Sin embargo, en este trabajo el uso de JaMe muestra resultados positivos con respecto al peso del fruto para la mayor de las dosis ensayadas.

4.2 EFECTO DEL JASMONATO DE METILO SOBRE LA RESPIRACIÓN DEL FRUTO Y PRODUCCIÓN DE ETILENO

El efecto del JaMe sobre la respiración fue eficaz disminuyendo la tasa de producción de CO₂ de las granadas tratadas a las dosis más bajas. Los niveles de respiración en la *Figura 5* presentaron diferencias significativas entre las dosis más bajas y los frutos controles. Sin embargo, las granadas tratadas con la mayor concentración de JaMe (10mM), mostró valores superiores a las granadas control.

La disminución de la respiración de un fruto es determinante para la vida útil en post-cosecha ya que, cuanto menor sea la emisión de CO₂, menor es el metabolismo del fruto y por tanto mayor será la vida comercial. El incremento de la tasa de respiración indica una degradación más rápida de las sustancias de reserva y por ello una vida útil de la granada menor.

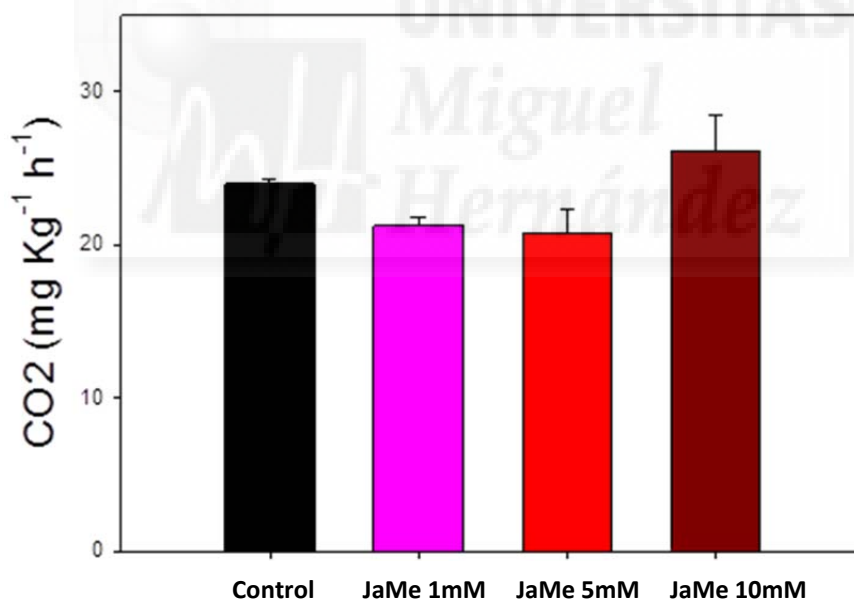


Figura 5. Tasa de respiración de las granadas tratadas en pre-cosecha con Jasmonato de Metilo a distintas dosis y controles, en el momento de la recolección.

Así pues, el efecto del JaMe sobre la respiración depende de la concentración. Resultados similares se obtuvieron en melocotón donde se observaron efectos diferentes dependiendo de la concentración, donde las dosis más bajas (0,4mM)

retrasaron el metabolismo, mientras que concentraciones más altas, 8mM, lo incrementaron (Ziosi et al., 2008).

Por otro lado, cuando se estudió la producción de etileno en el momento de la cosecha, los resultados fueron muy bajos y no se observaron diferencias entre los frutos control y los tratados con JaMe (datos no mostrados). La naturaleza no climatérica de las granadas durante su desarrollo ha sido observada por varios autores que han constatado la baja producción de etileno por parte de estos productos vegetales (Lee et al., 1974).

4.3 EFECTO DEL JASMONATO DE METILO SOBRE EL COLOR DE LOS ARILOS

4.3.1 Efecto sobre el color a*.

Se midió el color de los arilos para determinar si el elicitor tiene influencia sobre éste. Nos centramos principalmente en el parámetro a* ya que, si los valores son positivos, indican tonalidades rojizas.

Pudimos comprobar como los tratamientos fueron efectivos al incrementar las tonalidades rojizas, sin mostrar diferencias significativas entre las distintas dosis de Jasmonato de Metilo (*Figura 6*). Los arilos de los árboles control fueron los que presentaron menor color obteniendo un valor de $16,3 \pm 1,5$, siendo significativamente inferior con respecto al resto de tratamientos.

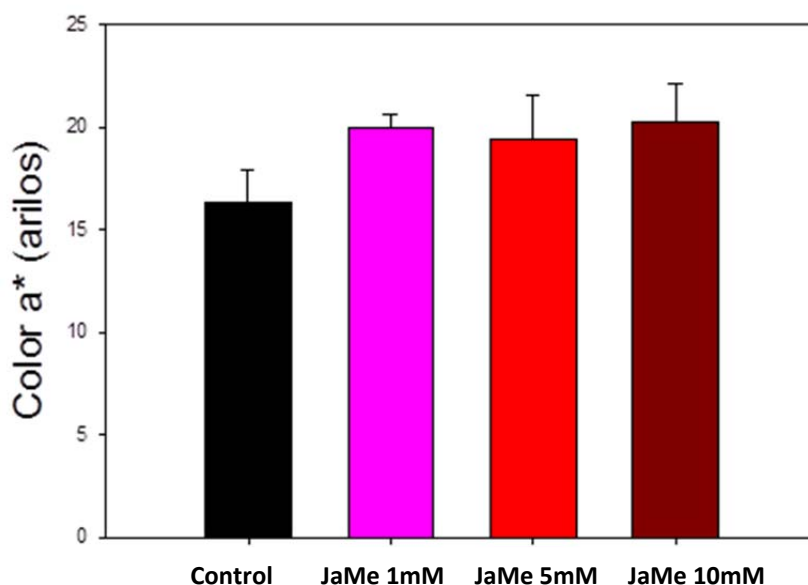


Figura 6. Color a* de los arilos tras la recolección de todas las granadas tratadas en pre-cosecha con Jasmonato de Metilo a distintas dosis y controles.

4.3.2. Efecto sobre el color Croma*.

Además del parámetro a^* , también se evaluó el color Croma* que nos determina la saturación del color. Como en la gráfica anterior, los tratamientos fueron efectivos al incrementar los valores de la saturación de los arilos, sin mostrar diferencias significativas entre las distintas dosis (Figura 7). Los árboles control fueron los que presentaron menor Croma* con niveles significativamente inferiores a los encontrados en el resto de tratamientos.

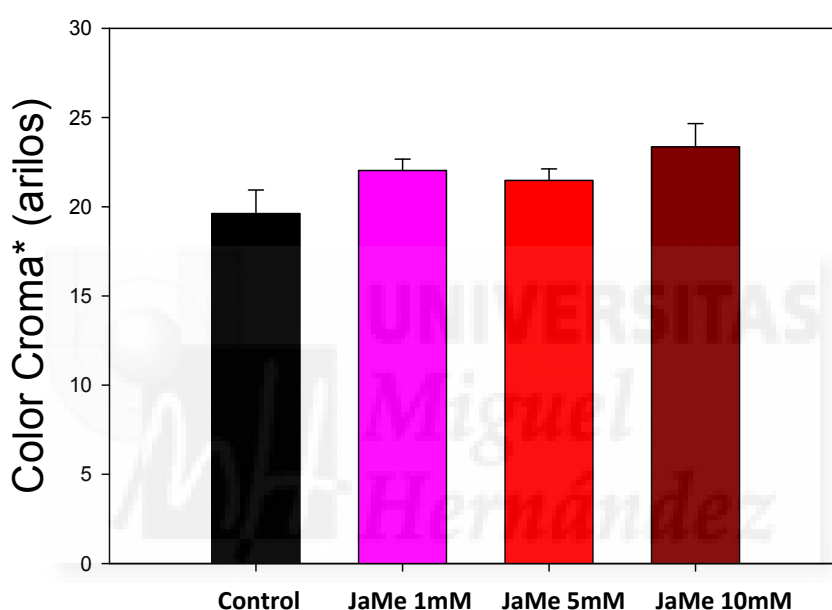


Figura 7. Color Croma* de los arilos tras la recolección de todas las granadas tratadas en pre-cosecha con Jasmonato de Metilo a distintas dosis y controles.

El color es uno de los parámetros más importantes para los consumidores ya que proporciona los primeros indicios sobre si ese alimento es comestible o no y sobre la identidad e intensidad del sabor. Por ello, en muchos casos se ha comprobado que el color puede jugar un papel decisivo influyendo en nuestra experiencia sobre el sabor de los alimentos que consumimos y sobre la elección de ellos.

Distintos artículos han relacionado la aplicación de JaMe con la mayor acumulación de antocianinas. Este efecto podría estar involucrado en el incremento de los parámetros de color de los arilos. Según los estudios consultados, el JaMe induce la acumulación de compuestos relacionados con la salud humana, como son el

resveratrol en uva, los glucosinolatos en crucíferas así como las antocianinas y otros compuestos polifenólicos (Wasternack, 2014; Wang y Zheng, 2005).

4.4 EFECTO DEL JASMONATO DE METILO SOBRE LA FIRMEZA DEL FRUTO

El grado de firmeza de los frutos en el momento de la recolección (*Figura 8*), fue más elevado para las granadas tratadas con Jasmonato de Metilo a dosis más bajas. Con respecto a los árboles control, el JaMe 5mM fue el que mostró mayor firmeza en los frutos ($17,7\pm 0,9$ Nmm⁻¹), obteniendo diferencias significativas entre el control y el resto de concentraciones. En este caso, el JaMe 10mM destaca por haber tenido valores de firmeza inferiores a $15,6\pm 0,3$ Nmm⁻¹ con respecto al control, siendo por tanto una dosis poco efectiva para la mejora de este parámetro.

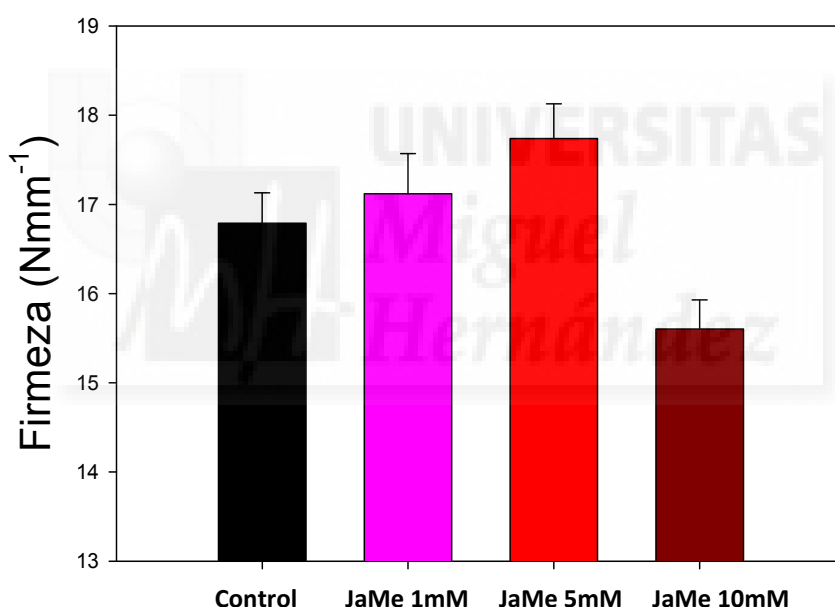


Figura 8. Firmeza de las granadas tras ser tratadas en pre-cosecha con Jasmonato de Metilo a distintas dosis y controles en el momento de la recolección.

Según los estudios de Rudell et al., (2005) el incremento de la firmeza podría estar relacionado con el tratamiento de JaMe, ya que este compuesto podría estar involucrado con el incremento del contenido en lignina que se ha observado en distintos frutos. Asimismo, Concha et al., (2013) observó que los tratamientos con JaMe, producían una disminución en la regulación de la expresión de genes involucrados en la codificación de pectinasas, por lo que una menor expresión de los

mecanismos activadores de estas enzimas podría estar dando lugar a una mayor retención de la firmeza de las granadas.

4.5 EFECTO DEL JASMONATO DE METILO SOBRE LOS SÓLIDOS SOLUBLES DEL FRUTO

Se midieron los °Brix de los arilos para determinar la cantidad de sólidos solubles y así definir el dulzor de las granadas.

Fijándonos en la *Figura 9*, podemos apreciar que hay variabilidad en la cantidad de sólidos solubles según la dosis aplicada. El tratamiento a dosis intermedia (5mM) fue el que alcanzó un valor mayor con respecto al resto de tratamientos, obteniendo diferencias significativas con respecto a los árboles control. Por el contrario, los árboles tratados con la menor de las dosis de JaMe (1mM), no mostró un efecto positivo al observarse un resultado menor que el control.

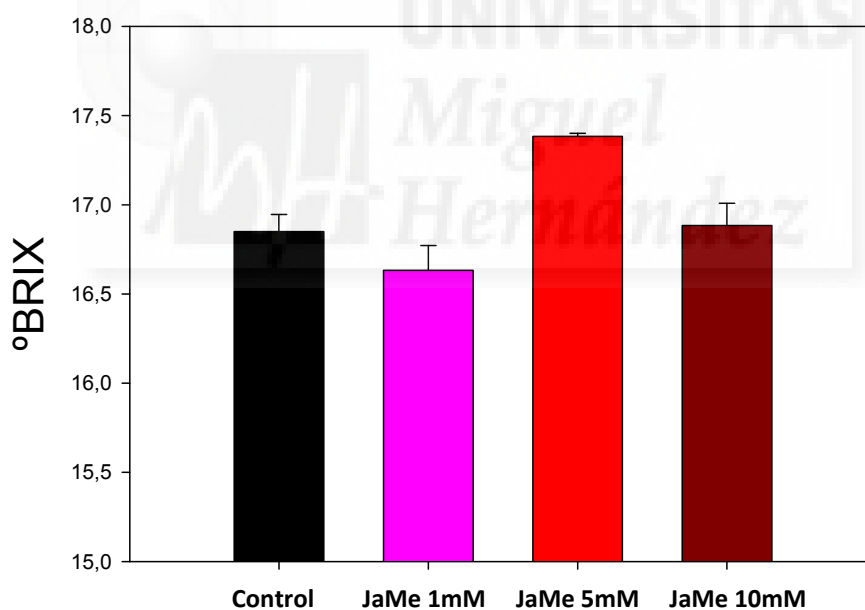


Figura 9. Sólidos solubles (°Brix) de las granadas tras ser tratadas en pre-cosecha con Jasmonato de Metilo a distintas dosis y controles en el momento de la recolección.

Los azúcares son transportados desde los órganos de origen y son acumulados en la fruta durante su desarrollo, donde en muchos casos se acumulan como almidón. Esta es la razón por la que los frutos recolectados en un estado de madurez más avanzado muestran unos mayores niveles de sólidos solubles ya que la hidrólisis del

almidón en la fruta es una importante fuente de azúcares en las últimas etapas del desarrollo de los frutos (Knee, 1993) así como durante su conservación post-recolección. Por ello el contenido en °Brix suele estar relacionado con el metabolismo del fruto, especialmente con la tasa respiratoria (Gol et al., 2013), por lo que los niveles más altos que obtuvimos cuando aplicamos la dosis de 5mM de JaMe podría estar relacionada con el menor nivel de tasa respiratoria que se refleja en este estudio a dicha dosis.

4.6 EFECTO DEL JASMONATO DE METILO SOBRE LA ACIDEZ TITULABLE DEL FRUTO

Tras realizar una valoración y determinar la cantidad de acidez total que contienen las granadas, observamos que todos los tratamientos con JaMe mostraron valores superiores al de los frutos control ($0,21 \pm 0,01 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$). A pesar de ello, las concentraciones de 1 y 10mM no presentaron diferencias significativas entre ellas ni con relación al control. En esta ocasión, los árboles tratados con la dosis intermedia (5mM), fue la que mostró mayor cantidad de gramos de acidez por cada 100 g de arilos (Figura 10).

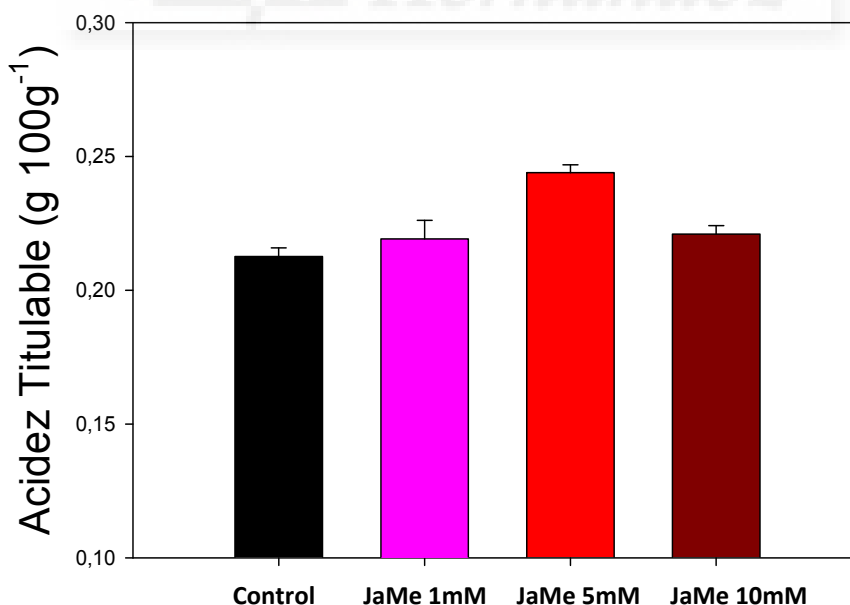


Figura 10. Acidez titulable de las granadas tras ser tratadas en pre-cosecha con Jasmonato de Metilo a distintas dosis y controles en el momento de la recolección.

Mientras que los °Brix fueron incrementados por la dosis de 5mM de JaMe, el efecto de los tratamientos sobre la acidez total reflejó un mantenimiento de este parámetro, indicando que los tratamientos con JaMe pueden tener un impacto diferente según el parámetro estudiado e involucrado en la maduración y senescencia del fruto. Este comportamiento también se observó cuando Rudell et al., (2005) estudió el efecto del JaMe en manzana. En este caso, posiblemente el retraso observado en la tasa respiratoria, sería la responsable de un mayor mantenimiento en los niveles de acidez titulable encontrados en este estudio (Gol et al., 2013).



5. CONCLUSIONES

Tras estudiar los distintos datos obtenidos de este Trabajo Final de Grado y en referencia al estudio realizado sobre la aplicación de distintas dosis de Jasmonato de Metilo durante el periodo pre-cosecha de la granada 'Mollar', concluimos que la aplicación de este compuesto fue efectiva mejorando la calidad en el momento de la cosecha de las granadas.

Los tratamientos con Jasmonato de Metilo tuvieron una efectividad diferente según la dosis aplicada, ya que muchos de los parámetros estudiados no mostraron una variación significativa para todas las dosis ensayadas. Sin embargo, en general todos los tratamientos sí fueron efectivos a la hora de mejorar la producción total, así como el número de frutos por árbol sin afectar negativamente al peso individual de las granadas.

Por otro lado, pese a que los tratamientos en general mejoraron los parámetros fisiológicos y físico-químicos bajo estudio, los mejores resultados se obtuvieron para la dosis ensayada de Jasmonato de Metilo 5mM tanto a la hora de mejorar las producciones en campo como los distintos aspectos relacionados con la calidad general de las granadas.

Por tanto, los tratamientos con Jasmonato de Metilo aplicados en el periodo pre-cosecha, podrían ser considerados como una herramienta, segura y respetuosa con el medio ambiente, con potencial para tanto incrementar las producciones totales como los atributos de calidad de las granadas en el momento de la recolección.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, J.A. (1999). Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.*, 15: 207-225.
- Al-Maiman, S.A. y Ahmad, D. (2002). Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit maturation. *Food Chem.*, 76: 437-441.
- Altuntas, E., Ozturk, B., Özkan, Y. y Yildiz, K. (2012). Physico-mechanical properties and colour characteristics of apple as affected by methyl jasmonate treatments. *International Journal of Food Engineering*, 8: 16.
- Asghari, M. y Hasanlooee, A.R. (2016). Methyl jasmonate effectively enhanced some defense enzymes activity and Total Antioxidant content in harvested "Sabrosa" strawberry fruit. *Food Science and Nutrition*, 4: 377-383.
- Aviram, M., Dornfeld, L., Rosenblat, M., Volkova, N., Kaplan, M., Coleman, R., Hayek, T., Presser, D. y Fuhrman, B. (2000). Pomegranate Juice Consumption Reduces Oxidative Stress, Atherogenic Modifications to LDL and Platelet Aggregation: Studies in Humans and in Atherosclerotic Apolipoprotein E-deficient mice. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(5): 1062-1076.
- Baenas, N., García-Viguera, C. y Moreno, D.A. (2014). Biotic Elicitors Effectively Increase the Glucosinolates Content in *Brassicaceae* Sprouts. *American Chemical Society*, 62(8): 1881-1889.
- Beckers, G.J.M. y Spoel, H. (2006). Fine-tuning plant defence signaling: salicylate versus jasmonate. *Plant Biology*, 8: 1-10.
- Bellostas, N., Sørensen, A.D., Sørensen, J.C. y Sørensen, H. (2007). Genetic variation and metabolism of glucosinolates in cruciferous oilseed crops. In: *Rapeseed Breeding: Advances in Botanical Research (Ed. Dr. Surinder Gupta)* Academic Press/ Elsevier, Dan Diego, vol. 54.
- Ben-Arie, R., Segal, N. y Guelfat-Reich, S. (1984). The maturation and ripening of the 'Wonderful' pomegranate. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 109: 898-902.
- Blanpied, G.D. y Wilde, M.H. (1968). A study of the cells in the outer flesh of developing 'McIntosh' apple fruit. *Bot. Gaz.*, 129: 173- 183.

- Cao, S., Cai, Y., Yang, Z. y Zheng, Y. (2012). MeJA induces chilling tolerance in loquat fruit by regulating proline and γ -aminobutyric acid contents. *Food Chemistry*, 133: 1466-1470.
- Cao, S., Zheng, Y., Wang, K. y Jin Rui, P.H. (2009). Methyl jasmonate reduces chilling injury and enhances antioxidant enzyme activity in postharvest loquat fruit. *Food Chemistry*, 115: 1458–1463.
- Cao, S., Zheng, Y., Yang, Z., Tang, S., Jin, P., Wang, K. y Wang, X. (2008). Effect of methyl jasmonate on the inhibition of *Colletotrichum acutatum* infection in loquat fruit and the possible mechanisms. *Postharvest Biology and Technology*, 49: 301-307.
- Chanjirakul, K., Wang, S.Y., Wang, C.H. y Siriphanich, J. (2006). Effect of natural volatile compounds on antioxidant capacity and antioxidant enzymes in raspberries. *Postharvest Biology and Technology*, 40: 106–115.
- Concha, C.M., Figueroa, N.E., Poblete, L.A., Oñate, F.A., Schwab, W. y Figueroa, C.R. (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.
- Connors, C.H. (1919) Growth of fruits of the peach. *N. J. Agr. Exp. Sta. Ann. Rpt.* 41: 82.
- Creelman, R.A. y Mullet, J.E. (1997). Biosynthesis and action of jasmonates in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 48: 355-381.
- Dar, T.A., Uddin, M., Khan, M.M.A., Hakeem, K.R. y Jaleel, H. (2015). Jasmonates counter plant stress: A review. *Environmental and Experimental Botany*, 115: 49-57.
- De Geyter, N., Gholami, A., Goormachtig, S. y Goossens, A. (2012). Transcriptional machineries in jasmonate-elicited plant secondary metabolism. *Trends Plant Sci.*, 17: 349-359.
- De la Peña, F., Blanch, G.P. y Ruiz del Castillo, M.L. (2010). (+)-Methyljasmonate-induced bioformation of myricetin, quercetin and kaempferol in red raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 11639-11644.
- Domínguez-Perles, R., Martínez-Ballesta, M.C., Carvajal, M., García-Viguera, C. y Moreno, D.A. (2010). Broccoli derived by products a promising source of bioactive ingredients. *Journal of Food and Science*, 75: C383-C392.

- Dong, Y., Zhi, H.H., Xu, J., Zhang, L.H., Liu, M.P. y Zong, W. (2016). Effect of methyl Jasmonate on reactive oxygen species, antioxidant systems, and microstructure of Chinese winter jujube at two major ripening stages during shelf life. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 91: 316-323.
- Droby, S., Porat, R., Cohen, L., Weiss, B., Shapiro, B., Philosoph-Hadas, S. y Meir, S. (1999). Suppressing green mold decay in grapefruit with postharvest jasmonate application. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124: 184-188.
- Ezzat, A., Ammar, A., Szabó, Z., Nyéki, J. y Holb, I.J. (2017). Postharvest Treatments with Methyl Jasmonate and Salicylic Acid for Maintaining Physico-Chemical Characteristics and Sensory Quality Properties of Apricot Fruit during Cold Storage and Shelf-Life. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 67: 159-166.
- Fan, L., Shi, J., Zuo, J., Gao, L., Lv, J. y Wang, Q. (2016). Methyl jasmonate delays postharvest ripening and senescence in the non-climacteric eggplant (*Solanum melongena L.*) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 120: 76-83.
- Fan, X., Mattheis, J.P., Fellman, J.K. y Patterson, M.E. (1997). Changes in jasmonic acid concentration during early development of apple fruit. *Journal of Plant Physiology*, 101: 328-332.
- Fernández-Marín, M.I., Puertas, B., Guerrero, R.F., García-Parrilla, M.C. y Cantos-Villar, E. (2014). Preharvest methyl jasmonate and postharvest UVC treatments: increasing stilbenes in wine. *Journal of Agriculture and Food Sciences*, 79: 3.
- Flores, G. y Ruíz del Castillo, M.L. (2014). Influence of preharvest and postharvest methyl jasmonate treatment on flavonoid content and metabolomics enzyme in red raspberry. *Postharvest Biology and Technology*, 97: 77-82.
- García-Viguera, C. y Pérez Vicente, A. (2004). La granada. Alimento rico en polifenoles antioxidantes y bajo en calorías. *Alim., nutri. Salud*, 11: 113-120.
- Gil, M.I., Tomas-Barberan, F.A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D.M. y Kader, A.A. (2000). Antioxidant Activity of Pomegranate Juice and its Relationship with Phenolic composition and Processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(10): 4581-4589.
- Gillaspy, G., Ben-David, H. y Gruissem, W. (1993). Fruits: a developmental perspective. *Plant Cell*, 5: 1439-1451.

- Gol, N.B., Patel, P.R. y Rao, T.V. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, 85: 185-195
- Gómez-Plaza, E., Bautista-Ortín, A.B., Ruiz-García, Y., Fernández-Fernández, J.I. y Gil-Muñoz, R. (2017). Effect of elicitors on the evolution of grape phenolic compounds during the ripening period. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97: 977-983.
- González-Aguilar, G.A., Tiznado-Hernández, M.E., Zavaleta-Gatica, R. y Martínez-Telléz, M.A. (2004). Methyl jasmonate treatments reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 313: 694-701.
- Griggs, W.H., e Iwakiri, B.T. (1956). A comparison of methods in obtaining growth curves of bartlett pears. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 67: 91-94.
- Gur, A. (1986). *Punica granatum* In: A. H. Halevy (ed.). *CRC Handbook of flowering* Vol. IV, CRC Press . Florida, USA. pp. 147-150.
- Ho, L.C. (1996). The mechanism of assimilate partitioning and carbohydrate compartmentation in fruit in relation to the quality and yield of tomato. *J. Expt. Bot.*, 47: 1239- 1243.
- Janoudi, A. y Flore, J.A. (2003). Effects of multiple applications of methyl jasmonate on fruit ripening, leaf gas exchange and vegetative growth in fruit trees. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 78: 793-797.
- Jin, P., Zheng, Y., Tang, S., Rui, H. y Wang, C.Y. (2009). A combination of hot air and methyl jasmonate vapor treatment alleviates chilling injury of peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 52: 24–29.
- Jin, P., Zhu, H., Wang, J., Chen, J., Wang, X. y 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: 1827-1832.
- Kader, A.A. (1992). Postharvest biology and technology: an overview. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Ed. A.A. Kader. 161 – 166. Publication 3311. University of California Division of Agriculture and Natural Resources, California.
- Karaman, S., Ozturk, B., Genc, N. y Celik, S.M. (2013). Effect of preharvest application of methyl jasmonate on fruit quality of plum (*Prunus salicina* Lindell cv.

- “Fortune”) at harvest and during cold storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37: 1049-1059.
- Kashiwada, Y., Nonaka, G.I., Nishioka, I., Chang, J.J. y Lee, K.H. (1992). Antitumor agents, 129. Tannins and related compounds as selective cytotoxic agents. *J. Nat. Prod.*, 55: 1033-1043.
- Kays, S.J. (1999). Preharvest factors affecting appearance. *Postharvest Biol. Technol.*, 15: 233-247.
- Khajehyar, R., Fallahi, E. y Rahemi, M. (2016). Methyl jasmonate and polyamines reduce chilling injury symptoms of orange (*Citrus sinensis*) fruit during cold storage. *Journal of Applied Horticulture*, 18: 135-137.
- Khan, A.S. y Singh, Z. (2007). Methyl jasmonate promotes fruit ripening and improves fruit quality in Japanese plum. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82: 695–706.
- Knee, M. (1993). Pome fruits. In *Biochemistry of Fruit Ripening*, Seymour, G. B., Taylor, J. E., Tucker, G. A., Eds., *Chapman and Hall: New York*, pp 325-346.
- Lee, J. y Watson, R. (1998). Pomegranate: a role in health promotion and AIDS. *Nutrients and Foods in Aids*, 213-216.
- Lee, S.W., Kim, K.S. y Kim, S.D. (1974). Studies on the compositional changes of pomegranate fruit during maturation. I. Changes in sugars, organic acids, amino acids, and the respiration rate. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, 15: 57-63.
- Li, D.M., Guo, Y.K., Li, Q., Zhang, J., Wang, X.J. y Bai, J.G. (2012). The pretreatment of cucumber with methyl jasmonate regulates antioxidant enzyme activities and protects chloroplast and mitochondrial ultrastructure in chilling-stressed leaves. *Scientia Horticulturae*, 143: 135-143.
- Li, H., Suo, J., Han, Y., Liang, C., Jin, M., Zhang, Z. y Rao, J. (2017). The effect of 1-methylcyclopropene, methyl jasmonate and methyl salicylate on lignin accumulation and gene expression in portharvest ‘Xuxiang’ kiwifruit fruit during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 124: 107-118.
- Liu, Y., Yang, X., Zhu, S. y Wang, Y. (2016). Postharvest application of MeJA and NO reduced chilling injury in cucumber (*Cucumis sativus*) through inhibition of H₂O₂ accumulation. *Postharvest Biology and Technology*, 119: 77-83.

- Magein, H. (1989). Growth and abscission dynamics of 'Cox's Orange Pippin' and 'Golden Delicious' apple fruits. *J. Hort. Sci.*, 64: 265-273.
- Martí, N., Pérez-Vicente, A. y García-Viguera, C. (2001). Influence of storage temperature and ascorbic acid addition on pomegranate juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 217-221.
- Martínez-Esplá, A. (2017). Efecto de elicitors sobre la producción, calidad y sistemas antioxidantes en ciruela, cerezas y alcachofas. Tesis Doctoral. Universidad Miguel Hernández.
- Martínez-Esplá, A., Zapata, P.J., Castillo, S., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Valero, D. y Serrano, M. (2014). Preharvest application of methyl jasmonate (MeJA) in two plum cultivars. 1. Improvement of fruit growth and quality attributes at harvest. *Postharvest Biology and Technology*, 98: 98-105.
- Melgarejo, P. (1993). Selección y tipificación varietal de granado (*Punica granatum L.*). Tesis Doctoral. Univ. Politécnica de Valencia (UPV).
- Melgarejo, P. (2010). Conferencia general: el granado, su problemática y usos. En: El Granado I Jornadas nacionales sobre el granado: Producción, economía, industrialización, alimentación y salud. Editores: Melgarejo, P., Hernández-García, F., Legua P. Editado: SPE3, S.L. (Valencia) España. pp: 7-28.
- Melillo, L. (1994). Diuretic plants in the paintings of pompeii. *American Journal of Nephrology*, 14(4-6): 423-425.
- Meng, X., Han, J., Wang, Q. y Tian, S. (2009). Changes in physiology and quality of peach fruits treated by methyl jasmonate under low temperature stress. *Food Chemistry*, 114: 1028-1035.
- Muengkaew, R., Chaiprasart, P. y Warrington, I. (2016). Changing of physiochemical properties and color development of mango fruit sprayed methyl Jasmonate. *Scientia Horticulturae*, 198: 70-77.
- Ness, A.R. y Powles, J.W. (1997). Fruit and vegetables, and cardiovascular disease: a review. *International Journal of Epidemiology*, 26(1): 1-13.
- Neufeldt, V.E. (1988). Webster's New World Dictionary, 3rd college ed. Simon and Schuster, New York.
- Opara, L.U. (2000). Fruit growth measurement and analysis. *Hort. Rev.*, 24: 373-431.

- Ozturk, B., Yildiz, K. y Ozkan, Y. (2015a). Effects of pre-harvest methyl jasmonate treatments on bioactive compounds and peel color development of "Fuji" apples. *International Journal of Food Properties*, 18: 954-962.
- Ozturk, B., Yildiz, K. y Ozkan, Y. (2015b). Effect of pre-harvest methyl jasmonate treatments on ethylene production, water-soluble phenolic compounds and fruit quality of Japanese plums. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95: 583-591.
- Patil, A.V. y Karale, A.R. (1990). Pomegranate In: T. K. Bose and S. K. Mitra (eds.). *Fruits: tropical and subtropical*. Naya Prokash, Calcutta, India. pp: 615-637.
- Peña-Cortés, H., Barrios, P., Dorta, F., Polanco, V., Sánchez, C., Sánchez, E. y 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.A. y García-Viguera, C. (2008). Influence of light on health-promoting phytochemicals of broccoli sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 88: 904-910.
- Pérez-Vicente, A., Serrano, P., Abellán, P. y García-Viguera, C. (2004). Influence of packaging material on pomegranate juice colour and bioactive compounds, during storage. *Science of Food and Agriculture*, 84: 639-644.
- Portu, J., López, R., Baroja, E., Santamaría, P. y Garde-Cerdán, T. (2016). Improvement of grape and wine phenolic content by foliar application to grapevine of three different elicitors: Methyl jasmonate, chitosan, and yeast extract. *Food Chemistry*, 201: 213-221.
- Portu, J., Santamaría, P., López-Alfaro, I., López, R. y Garde-Cerdán, T. (2015). Methyl jasmonate foliar application to tempranillo vineyard improved grape and wine phenolic content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63: 2328-2337.
- Ray, P.K. (2002). Breeding Tropical and Subtropical fruits. *Alpha Science International Ltd.*, Pangbourne, UK.
- Reid, M.S. (2002). Maturation and maturity indices. *Postharvest technology of horticultural crops.*, 3: 55-62.

- Rudell, D.R., Fellman, J.K. y Mattheis, J.P. (2005). Preharvest application of methyl jasmonate to 'Fuji' apples enhances red coloration and affects fruit size, splitting, and bitter pit incidence. *HortScience*, 40: 1760–1762.
- Ruiz, K.B., Trainotti, L., Bonghi, C., Ziosi, V., Costa, G. y Torrigiani, P. (2013). Early methyl jasmonate application to peach delays fruit/seed development by altering the expression of multiple hormone-related genes. *Journal of Plant Growth Regulation*, 32: 852–864.
- Ruiz-García, Y. y Gómez-Plaza, E. (2013). Elicitors: A tool for improving fruit phenolic content. *Agriculture*, 3: 33-52.
- Ruiz-García, Y., Romero-Cascales, I., Gil-Muñoz, R., Fernández-Fernández, J.I., López-Roca, J.M. y Gómez-Plaza, E. (2012). Improving grape phenolic content and wine chromatic characteristics through the use of two different elicitors: methyl jasmonate versus benzothiadiazole. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 60: 1283-1290.
- Saavedra, G.M., Figueroa, N.E., Poblete, L.A., Cherian, S. y Figueroa, C.R. (2016). Effects of preharvest applications of methyl jasmonate and chitosan on postharvest decay, quality and chemical attributes of *Fragaria chiloensis* fruit. *Food Chemistry*, 190: 448-453.
- Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Serrano, M. y 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.
- Schechter, I., Proctor, J.T.A. y Elfving, D.C. (1993). Characterization of seasonal fruit growth of 'Idarel' apple. *Scient. Hort.*, 54: 203-210.
- Shafiq, M., Singh, Z. y Khan, A.S. (2013). Time of methyl jasmonate application influences the development of 'Cripps Pink' apple fruit colour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 611-618.
- Shewfelt, R.L. (1999). What is quality? *Postharvest Biol. Technol*, 15: 197-200.
- Siboza, X.I., Bertling, I. y Odindo, A.O. (2014). Salicylic acid and methyl jasmonate improve chilling tolerance in cold-stored lemon fruit (*Citrus limon*). *Journal of Plant Physiology*, 171: 1722-1731.

- Singh, R.P., Chidambara Murthy, K.N. y Jayaprakasha, G.K. (2002). Studies on the Antioxidant Activity of Pomegranate (*Punica granatum*) Peel and Seed Extracts Using in Vitro Models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 81-86.
- Singh, R.P., Kar, P.L. y Dhuria, H.S. (1978). Studies on the behaviour of flowering and sex expression in some pomegranate cultivars. *Plant Sci.*, 10: 29-31.
- Sivankalyani, V., Feygenberg, O., Maorer, D., Zaaroor, M., Fallik, E. y Alkan, N. (2015). Combined treatments reduce chilling injury and maintain fruit quality in avocado fruit during cold quarantine. *PLoS ONE*, 10.
- Smith, P.M. (1976). Minor crops In: N. W. Simmonds (ed.). *Evolution of Crop Plants*. Longman, London, UK. pp. 301-324.
- Soto, A., Ruiz, K.B., Ziosi, V., Costa, G. y Torrigiani, P. (2012). Ethylene and auxin biosynthesis and signaling are impaired by methyl jasmonate leading to a transient slowing down of ripening in peach fruit. *Journal of Plant Physiology*, 169: 1858-1865.
- Spagnuolo, C., Flores, G., Russo, G.L. y Ruiz del Castillo, M.L. (2016). A Phenolic Extract Obtained from Methyl Jasmonate-Treated Strawberries Enhances Apoptosis in a Human Cervical Cancer Cell Line. *Nutrition and Cancer*, 68: 1140-1150.
- Tang, Y., Kuang, J.F., Wang, F.Y., Chen, L., Hong, K.Q., Lu, W.J. y Chen, J.Y. (2013). Molecular characterization of PR and WRKY genes during SA- and MeJA-induced resistance against *Colletotrichum musae* in banana fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 79: 62-68.
- Tapiero, H., Tew, K.D., Ba, G.N. y Mathé, G. (2002). Polyphenols: do they play a role in the prevention of human pathologies?. *Biomed Pharmacother*, 56(4): 200-7.
- Terry, L.A. y Joyce, D.C. (2004). Elicitors of induced disease resistance in postharvest horticultural crops: a brief review. *Postharvest Biology and Technology*, 32: 1-13.
- Ueda, J. y Kato, J. (1980). Isolation and identification of a senescence-promoting substance from wormwood (*Artemisia absinthium* L.). *Plant Physiology*, 66: 246-249.
- Wang, K., Jin, P., Cao, S., Shang, H., Yang, Z. y Zheng, Y. (2009). Methyl jasmonate reduces decay and enhances antioxidant capacity in Chinese bayberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57: 5809-5815.

- Wang, L., Jin, P., Wang, J., Jiang, L., Shan, T. y Zheng, Y. (2015a). Methyl jasmonate primed defense responses against *Penicillium expansum* in sweet cherry fruit. *Plant Molecular Biology Reporter*, 33: 1464-1471.
- Wang, S., Takahashi, H., Saito, T., Okawa, K., Ohara, H., Shishido, M., Ikeura, H. y Kondo, S. (2015b). Jasmonate application influences endogenous abscisic acid, jasmonic acid and aroma volatiles in grapes infected by a pathogen (*Glomerella cingulata*). *Scientia Horticulturae*, 192: 166-172.
- Wang, K., Liao, Y., Kan, J., Han, L. y Zheng, Y. (2015c). Response of direct or priming defense against *Botrytis cinerea* to methyl jasmonate treatment at different concentrations in grape berries. *International Journal of Food Microbiology*, 194: 32-39.
- Wang, S.Y. y Zheng, W. (2005). Preharvest application of methyl jasmonate increases fruit quality and antioxidant capacity in raspberries. *International Journal of Food Science & Technology*, 40: 187-195.
- Wang, S.Y., Bowman, L. y Ding, M. (2008). Methyl jasmonate enhances antioxidant activity and flavonoid content in blackberries (*Rubus* sp.) and promotes antiproliferation of human cancer cells. *Food Chemistry*, 107: 1261-1269.
- Wasternack, C. (2014). Jasmonates: an update on biosynthesis, signal transduction and action in plant stress response, growth and development. *Annals of Botany*, 100: 681-697.
- Wasternack, C. (2015). How jasmonates earned their laurels: Past and present. *Journal of Plant Growth Regulation*, 34: 761-794.
- Watada, A.E., Herner, R.C., Kadar, A.A., Romani, R.J. y Staby, G.L. (1984). Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. *HortScience*, 19: 20- 21.
- Worrel, D.B., Carrington, C.M.S. y Huber, D.J.H. (1998). Growth, maturation and ripening of breadfruit (*Artocarpus altilis*). *Scient. Hort*, 79: 17-28.
- Yao, H. y Tian, S. (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: 253-262.

- Yu, L., Liu, H., Shao, X., Yu, F., Wei, Y., Ni, Z., Xu, F. y Wang, H. (2016). Effects of hot air and methyl jasmonate treatment on the metabolism of soluble sugars in peach fruit during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 113: 8-16.
- Zhang, X., Li, F., Ji, N., Shao, S., Wang, D., Li, L. y Cheng, F. (2016). Involvement of arginase in methyl jasmonate-induced tomato fruit chilling tolerance. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 141: 139-145.
- Zhang, X., Sheng, J., Li, F., Meng, D. y Shen, L. (2012). Methyl jasmonate alters arginine catabolism and improves postharvest chilling tolerance in cherry tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 64: 160-167.
- Zhao, M.L., Wang, J.N., Shan, W., Fan, J.G., Kuang, J.F., Wu, K.Q., Li, X.P., Chen, W.X., He, F.Y., Chen, J.Y. y 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: 30-51.
- Zhu, Z. y Tian, S.P. (2012). Resistant responses of tomato fruit treated with exogenous methyl jasmonate to *Botrytis cinerea* infection. *Scientia Horticulturae*, 142: 38-43.
- Ziosi, V., Bonghi, C., Bregoli, A.M., Trainotti, L., Biondi, S., Sutthiwal, S., Kondo, S., Costa, G. y Torrigiani, P. (2008). Jasmonate-induced transcriptional changes suggest a negative interference with the ripening syndrome in peach fruit. *Journal of Experimental Botany*, 59: 563-573.
- Ziosi, V., Bregoli, A.M., Fregola, F., Costa, G. y Torrigiani, P. (2009). Jasmonate induced ripening delay is associated with up-regulation of polyamine levels in peach fruit. *Journal of Plant Physiology*, 166: 938-946.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS:

- BEDCA (Base de Datos Española de Composición de Alimentos) www.bedca.net. Consulta en Enero de 2018.
- Cambayas Coop. V., Granadas Elche 2018 www.cambayas.com. Consulta en Enero de 2018.
- FDA-EPA, (2013). Methyl Jasmonate; Exemption From the Requirement of a Tolerance. Document 78 FR 22789-22794, <https://federalregister.gov/a/2013-08829>. Consulta en Diciembre de 2017.

MAPAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente), Anuario de Estadística www.mapama.gob.es. Consulta en Enero de 2018.

