

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

Master Universitario Oficial de
Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo



Uso del Jasmonato de Metilo como
herramienta eco-innovadora para alargar la
conservación post-cosecha de breva Colar.

TRABAJO FIN DE MASTER

Septiembre – 2018

AUTORA: Fernanda Ferreira Cruz

DIRECTOR: Dr. Pedro Javier Zapata Coll

CO-DIRECTORA: Dra. María José Giménez Torres

Máster Oficial en Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo

Se autoriza a la alumna **D^a Fernanda Ferrelra Cruz** a realizar el Trabajo Fin de Máster titulado: "USO DEL JASMONATO DE METILO COMO HERRAMIENTA ECO-INNOVADORA PARA ALARGAR LA CONSERVACIÓN POST-COSECHA DE BREVA COLAR " realizado bajo la dirección del **Dr. Pedro Javier Zapata Coll** y la **Dra. María José Giménez**, debiendo cumplir las directrices para la redacción del mismo que están a su disposición en la asignatura.

 Orihuela, 5 de septiembre de 2018

Fdo.: Esther Sendra Nadal
DIRECTORA DEL M.A.

Directora del Master Universitario en Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo



**MASTER UNIVERSITARIO OFICIAL DE AGROECOLOGÍA,
DESARROLLO RURAL Y AGROTURISMO**

VISTO BUENO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2017/2018

Director/es del trabajo
Dr. Pedro Javier Zapata Coll Dra. María José Giménez Torres

Dan su visto bueno al Trabajo Fin de Máster

Título del Trabajo
Uso del Jasmonato de Metilo como herramienta eco-innovadora para alargar la conservación post-cosecha de breva Colar
Alumno
Fernanda Ferreira Cruz

Orihuela, a 10 de Septiembre de 2018

Firma/s directores/es trabajo



MASTER UNIVERSITARIO OFICIAL DE AGROECOLOGÍA, DESARROLLO RURAL Y AGROTURISMO

REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Título: Uso del Jasmonato de Metilo como herramienta eco-innovadora para alargar la conservación post-cosecha de breva Colar.

Modalidad: Experimental

Autora: Fernanda Ferreira Cruz

Director/es: Dr. Pedro Javier Zapata Coll

Co-directora: Dra. María José Giménez Torres

Convocatoria: Septiembre/2018

Número de referencias bibliográficas: 38

Número de tablas:0

Número de figuras: 13

Palabras clave: Brevas, Calidad de Frutos, Maduración, Post-cosecha, JAME

RESUMEN:

Las brevas (*Ficus carica* L.) tienen un alto valor comercial y son de gran importancia económica y cultural en España. Sin embargo, son frutos que tienen una vida post-cosecha muy corta y que carecen de herramientas que ayuden proporcionar mejoras en la calidad de fruto y alargar su tiempo de conservación post-cosecha. Actualmente el Ethrel es el producto más usado a fin de acelerar la maduración de las brevas en campo, pero cada vez más este producto es rechazado por consumidores e importadores, por lo que se buscan alternativas de sustitución, que además tengan efectos positivos en post-cosecha. En este estudio se evaluó el efecto del tratamiento en pre-cosecha con jasmonato de metilo (JAME) sobre la calidad de brevas de la variedad 'Colar' durante su conservación post-cosecha. A través de distintos parámetros asociados a la calidad de fruto y comparando los diferentes tratamientos aplicados (Ethrel, JAME y control), fue posible concluir de forma preliminar, que la aplicación del jasmonato de metilo (JAME) tiene un efecto positivo sobre la breva, manteniendo y alargando su vida post-cosecha.

Palabras clave: Brevas, Calidad de Frutos, Maduración, Post-cosecha, JAME

ABSTRACT:

The breva (*Ficus carica* L.) has a high commercial value and a major economic and cultural importance in Spain. However, this fruit has a really rapidly post-harvest decay, thus has a short shelf-life. Brevas' crops lack in alternatives in order to improve and maintain its post-harvest fruit quality and to extend shelf-life. Currently, Ethrel (ethefon) is yet widely used to rush ripening, but it is being more and more unwanted by consumers and importers, consequently there is a need to research alternative products that not only effect ripening, but also improves post-harvest parameters. In this study was evaluated the effect of pre-harvest treatment with methyl jasmonate (MEJA) on post-harvest quality of breva variety Colar. Through these primary results it is possible to conclude that the application of methyl jasmonate (MEJA) has a positive effect on brevas, improving its post-harvest quality and self-life.

Keywords: Brevas, Fruit Quality, Ripening, Post-harvest, MEJA



Agradecimientos

Agradezco al profesor Dr. Pedro Javier Zapata Coll por la oportunidad de realizar este trabajo y a todos del laboratorio de Post-Recolección, en especial a mi co-directora Dra. María José Giménez.

Agradezco al servicio de comunicación de la UMH, en especial al proyecto “MIRE UMH” por la oportunidad de prácticas durante el curso 2017-2018.

Agradezco a mi novio, Germán Gómez Bevia, por apoyo en todos los momentos, objetivos y sueños compartidos desde 2014.



Índice

1.	Introducción.....	1
1.1	Origen y Taxonomía.....	1
1.2	Variedades.....	2
1.3	Importancia económica.....	3
1.4	Parámetros de calidad, maduración y cosecha.....	5
1.5	Conservación post-cosecha.....	6
1.5.1	Jasmonato de metilo.....	7
2.	Objetivos.....	9
3.	Materiales y métodos.....	9
3.1	Material vegetal y Diseño experimental.....	9
3.2	Tasa de respiración.....	10
3.3	Producción de etileno.....	11
3.4	Pérdida de peso.....	11
3.5	Color.....	12
3.6	Firmeza.....	12
3.7	Sólidos Solubles Totales y Acidez.....	12
4.	Resultados y discusión.....	13
4.1	Tasa de respiración.....	13
4.2	Producción de etileno.....	14
4.3	Pérdida de peso.....	15
4.4	Color.....	16
4.5	Firmeza.....	17
4.6	Sólidos Solubles Totales y Acidez.....	18
5.	Conclusiones.....	20
6.	Bibliografía.....	21



Índice de Figuras

Figura 1. Brevas variedad Colar iniciando maduración. Fuente: Elaboración propia, 2018.	2
Figura 2. Breva 'Colar' apariencia interna y externa en el momento de la cosecha. Fuente: Laboratorio de post-recolección, EPSO-UMH, 2018.	3
Figura 3. Principales productores mundiales de higos y brevas en mil toneladas. Fuente: FAOSTAT, 2016.	4
Figura 4. Principales mercados importadores de higos y brevas, en cantidad expresa en mil toneladas. Fuente: FAOST, 2016.	4
Figura 5. Molécula de Jasmonato de Metilo (JAME). Fuente: (Dar et al. 2015).	8
Figura 6. Recipientes herméticamente cerrados usados para determinar tasa de respiración y producción de etileno. Fuente: Elaboración propia, 2018.	11
Figura 7. Evolución de la tasa respiratoria de brevas variedad Colar en el momento de la recolección y durante 21 días de almacenamiento refrigerado.	14
Figura 8. Evolución de la tasa de producción de etileno de las brevas control y tratadas con Ethrel y JAME durante los días después de la aplicación.	15
Figura 9. Evolución del peso de las brevas tratadas con JAME, Ethrel y Control en el momento de la recolección y durante 21 días de almacenamiento refrigerado.	16
Figura 10. Evolución del color en brevas tratadas con JAME, Ethrel y Control en el momento de la recolección y durante 21 días de almacenamiento refrigerado a 2º C.	17
Figura 11. Evolución de la firmeza de las brevas tratadas con JAME, Ethrel y Control en el momento de la recolección y durante 21 días de almacenamiento refrigerado.	18
Figura 12. Evolución de sólidos solubles totales en brevas tratadas con JAME, Ethrel y Control en el momento de la recolección y durante 21 días de almacenamiento refrigerado.	19
Figura 13. Evolución de acidez en brevas tratadas con JAME, Ethrel y Control en el momento de la recolección y durante 21 días de almacenamiento refrigerado.	19

1. Introducción

1.1 Origen y Taxonomía

La higuera (*Ficus carica* L.) es uno de los frutales más antiguos que se conoce, habiendo sido domesticada durante el neolítico, aproximadamente 1000 años antes de los cereales (Khadivi, Anjam, y Anjam 2018) . Son plantas de gran rusticidad, adaptadas a una gran variedad de suelos, climas cálidos y regímenes de escasez hídrica. Esta especie diploide ($2n = 26$) pertenece a la Familia *Moraceae*, Orden *Rosales* y produce las brevas y/o higos, que botánicamente son infrutescencias englobadas en un receptáculo carnoso, llamado sicono, en cuyo interior se encuentran los frutos verdaderos que son denominados aquenios, o popularmente llamados pepitas (González Rodríguez y Grajal Martín 2011).

Originalmente era una especie monoica, es decir, que tenía separadas flores de ambos sexos sobre un mismo pie. Con el tiempo y debido a diversos factores de tipo biológico, ambientales y de cultivo se ha transformado en dioica con flores de cada sexo en la misma planta separadas.

Las higueras que poseen flores masculinas se denominan cabrahigos o higueras machos, mientras que las que poseen flores femeninas se denominan comunes o cultivadas (Sala 2000). Las higueras están agrupadas según el tipo de flor y la necesidad o no de polinización. Las que poseen flores masculinas son denominadas del tipo cabrahigos, son silvestres, son las únicas que producen polen, pero sus flores femeninas se han transformado en agallas no fértiles por la acción del himenóptero *Blastophaga psenes* (Sala 2000). De entre las higueras que poseen flores femeninas hay tres tipos: Esmirna, San Pedro y las Comunes. La polinización, denominada caprificación, ocurre en las higueras tipo Esmirna – y San Pedro, y se realiza a través de la asociación con el pequeño himenóptero *B. psenes* (González Rodríguez y Grajal Martín 2011)

Las brevas o higos tempranos, como mencionado anteriormente, son los frutos de la primera cosecha de las higueras tipo San Pedro o Comunes. Las brevas se forman en los siconos que han perdurado en el árbol tras otoño e invierno que completan su desarrollo y maduración a principios de verano (junio-julio) (González Rodríguez y Grajal Martín 2011). Los higos se forman en yemas axilares de crecimiento del año, madurando a finales de verano (agosto-septiembre).

Las brevas se caracterizan por poseer mayor tamaño, más aroma y sabor que los higos, por lo que las brevas tienen mayor valor para el comercio en fresco.

Con respecto a la plantación y manejo, las higueras son multiplicadas mayoritariamente por estacas, tienen fácil enraizamiento y después de establecidas requieren pocas podas y aclareos. Las higueras no presentan muchos problemas fitosanitarios, sin embargo, las raíces son susceptibles a podredumbres causadas principalmente por exceso de humedad (Sala 2000).

1.2 Variedades

En España los tipos de higueras más cultivados son la Común y la San Pedro. Las principales variedades del tipo común de higueras brevales bíferas cultivadas en España son la Colar, Goina, Ñoral, Calabacita Cuello de Dama Blanco, Cuello de Dama Negro, De Rey, San Antonio, y Nazaret. Las variedades más importantes del tipo San Pedro son Tiberio y Lampaga.

De entre las variedades del tipo común, la Colar es la variedad autóctona más importante en el suroeste español, la variedad Colar es la más cultivada en Alicante, llegando a un 95% de la superficie cultivada.

Esta variedad es bífera, las brevas tienen coloración negra, son de gran tamaño, son muy rayadas, poseen forma arredondeada y el árbol es muy productivo, precoz y los frutos aromáticos y con sabor bastante dulce (Moreno, 1999).



Figura 1. Figura 1. Brevas variedad Colar iniciando maduración. Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura 2. Brevia 'Colar' apariencia interna y externa en el momento de la cosecha. Fuente: Laboratorio de post-recolección, EPSO-UMH, 2018.

1.3 Importancia económica

Debido a la gran rusticidad de *F. carica* L. y a su adaptabilidad a climas cálidos hacen que sea un cultivo muy típico en los países con esas características, como los del Oriente Medio y de la Cuenca Mediterránea (González-Rodríguez y Grajal-Martín 2011). De acuerdo con datos de la FAOSTAT (2016), actualmente el mayor productor mundial de higos (una y/o dos cosechas) es Turquía, con una producción de 350.450 mil toneladas en 2016.

En España el cultivo de higuera representa una actividad tradicional de gran importancia cultural y económica, contribuyendo además este cultivo a frenar procesos de erosión y desertificación del suelo en zonas como el sur y el suroeste español (Moreno, 1999).

Actualmente España es el mayor productor en Europa y el 9º país productor a nivel mundial (figura 1), con una producción de 25.224 mil toneladas y una superficie cultivada demás de 12 mil ha (figura 2) (FAOSTAT,2016), de las cuales 1006 ha son de producción ecológica, llegando a más de 1 tonelada de higos y brevas ecológicos en la cosecha de 2015 (MAPAMA, 2018).

Las principales comunidades autónomas productoras en España son Extremadura y Comunidad Valenciana. La producción en Extremadura se centra en la producción de higos secos en las provincias de Cáceres y Badajoz; mientras que la producción de la Comunidad Valenciana se localiza principalmente en Alicante, y se centra en la producción de brevas para consumo en fresco, recolectando brevas

durante los meses de junio y julio, e higos durante los meses de agosto y septiembre (Souza et al, 2013).

El cultivo de higueras en la provincia de Alicante, se localiza principalmente en los municipios de Elche, Albatera y Crevillente y su importancia radica en la producción de brevas, debido a que son más tempranas, presentan mayor calibre y mayor precio en el mercado. Gran parte de esta producción se dedica a la exportación para otros países europeos como Francia y Inglaterra.

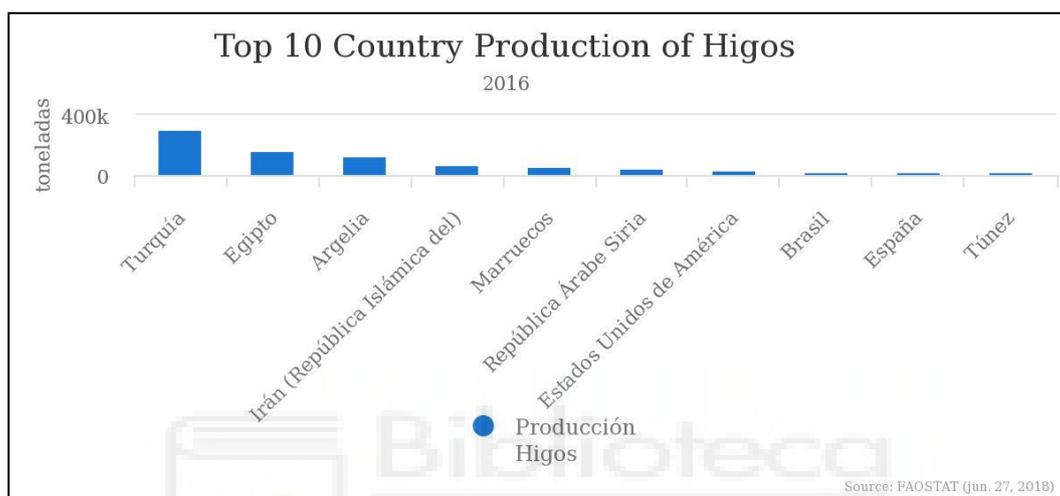


Figura 3. Principales productores mundiales de higos y brevas en mil toneladas. Fuente: FAOSTAT, 2016



Figura 4. Principales mercados importadores de higos y brevas, en cantidad expresada en mil toneladas. Fuente: FAOST, 2016.

El mercado de higos secos y frescos genera un negocio de más de 500 millones de euros anuales, donde cerca de 75% corresponde a la importación y exportación de higos secos y un 25% a los higos frescos, incluyendo principalmente las brevas (Corrales, 2009). España es el principal exportador de higos frescos y

secos dentro de la Unión Europea, siendo los mercados, también europeos, de Francia, Alemania y Reino Unidos los principales importadores de la producción nacional de higos e brevas frescos y/o secos (ICEX, 2018; FAOSTAT, 2016).

1.4 Parámetros de calidad, maduración y cosecha

La abertura de los ostiols, el cambio en color y la firmeza son los principales indicadores de maduración de brevas e higos usados para realizar la recolección que indican la calidad del fruto (Bahar y Lichter 2018). El sabor y el aroma también son indicadores de calidad y atributos muy valorados por el consumidor (Villalobos et al. 2017).

El proceso de recolección representa uno de los mayores costes del cultivo de higuera, llegando a un 50% de los costes totales y requiere extremo cuidado para no dañar y/o reducir el valor comercial de los frutos (Moreno, 2000). En España el período de recolección de brevas ocurre durante los meses de junio y julio, mientras que la recolección de higos se realiza durante los meses de agosto y septiembre, produciéndose ambas cosechas de forma escalonada (Moreno, 1999).

Los higos y las brevas son infrutescencias climatéricas, con una actividad respiratoria clasificada como moderada (aproximadamente $20 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ a una temperatura de 5°C), lo que posibilita realizar la recolección con algunos días de anticipación al climaterio, en lo que denominamos punto de maduración comercial (Moreno, 1999). Sin embargo, aunque después de la cosecha las brevas e higos continúen el proceso de maduración el contenido de azúcares no cambia significativamente, por tanto, es muy importante recolectar el fruto en el estado óptimo de maduración.

Desde el punto de vista comercial, la posibilidad de adelantar la recolección del fruto aumenta los beneficios del agricultor debido al mayor precio que alcanzan estos frutos, así como a la oportunidad de acceder a distintos mercados (Moreno, 1999). Para poder conseguir este adelanto y rentabilidad en la cosecha, es necesario que el mayor número posible de frutos hayan alcanzado el punto de maduración comercial con un nivel de azúcares adecuado y de forma uniforme para reducir costes. Por ello, se utilizan diferentes técnicas o tratamientos precosecha como la untura, la herida o la aplicación de reguladores del crecimiento en los frutos durante su crecimiento en el árbol.

La untura de frutos consiste en depositar una gota de aceite en el ostiolo de las brevas o higo, pero es una técnica que supone una intensa labor y eleva los costes por la mano obra, por lo que está en desuso. La técnica de la herida consiste en atravesar una aguja o espina por el pedúnculo de los frutos, pero también es muy poco usada, pues los siconos a los que se han sometido a la herida se deprecian notablemente en el mercado (Moreno, 2000).

La aplicación de reguladores de crecimiento es la técnica empleada con más éxito. La aplicación de sustancias de síntesis química como el Ethrel (etefon), libera etileno en el tejido vegetal, y es uno de los más empleados en la agricultura convencional. Sin embargo, aunque algunos agricultores sigan usando el Ethrel, el registro de este producto en España¹ solo está autorizado para los cultivos de manzano, Olivo, uva de mesa y algodón (MAPAMA, 2018). Además, la aplicación de Ethrel y otras sustancias químicas, genera cada vez más rechazo por parte de los consumidores e importadores de brevas del mercado español. Estas técnicas permiten alcanzar la maduración comercial y adelantar entre 5 y 10 días la recolección.

Sin embargo, actualmente no se dispone de tratamientos o técnicas autorizados y/o viables que permitan adelantar y uniformizarla maduración comercial y recolección ni en la agricultura convencional ni en la ecológica. Por tanto, sería necesario el desarrollar o investigar técnicas ecológicas, o susceptibles de ser consideradas con el fin de conseguir que el cultivo sea rentable económicamente, a la vez que sostenible y natural.

1.5 Conservación post-cosecha

Las brevas presentan una vida útil muy corta debido a la rápida disminución de firmeza y a su elevada susceptibilidad al crecimiento y desarrollo de mohos, especialmente en el área alrededor del ostiolo durante su almacenamiento postcosecha. Tanto las brevas como los higos son muy sensibles al manejo, por lo que no pueden ser lavados con agua para evitar la proliferación de hongos. Generalmente, las brevas destinadas para el consumo en fresco son recolectadas, clasificadas, embaladas y refrigeradas inmediatamente después de salir del campo.

¹ Ethrel 48, composición: Etefon 48% [SL] P/V., nº de registro 13299 con caducidad en 31/07/2019, fabricante Bayer.

Para reducir las pérdidas de calidad y prolongar la vida post-cosecha de las brevas e higos se requiere de diferentes técnicas de conservación postcosecha. Entre las técnicas más empleadas se encuentran el control de la humedad relativa y de la temperatura (entre 0-2°C). El envasado en atmósfera modificada (MAP) es otra herramienta que permite disminuir la tasa de respiración, los cambios de color y la firmeza (Aguayo, Allende y Artés, 2003), y retrasa las pérdidas de aroma, pero produce sabores extraños (Maul et al., 2000).

Con el fin de reducir la concentración de microorganismos, ocasionalmente se recurre a la fumigación con productos químicos tales como el dióxido de sodio aunque su uso genera rechazo debido al riesgo que presentan los residuos químicos para la salud humana (Trivittayasil, Tanaka, y Hamanaka 2014). Sin embargo, existen pocos estudios acerca del uso de tratamientos pre- y postcosecha sobre la calidad de brevas e higos que permitan su aplicación en producción ecológica y/o convencional (Villalobos et al., 2017; Bahar y Lichter, 2018).

1.5.1 Jasmonato de metilo

El ácido jasmonico (JA) y sus conjugados como el jasmonato de metilo (JAME), el jasmonoil-isoleucina (JA-Ile), etc son llamados jasmonatos (Per et al. 2018). Los jasmonatos son un grupo de compuestos a base de ciclopentanona derivados del ácido liinolénico (LA) que se encuentra de forma natural y ampliamente distribuido en el reino vegetal (Creelman y Mullet 1997).

Los jasmonatos forman parte de un grupo de hormonas y actúan como importantes reguladores celulares en diversos procesos de las plantas, como la germinación de las semillas, crecimiento de raíces, formación de tricomas, fertilidad, desarrollo del plantón, formación de tubérculos, movimiento e senescencia foliar, maduración, defensas contra estreses bióticos como ataque de hongos y plagas, defensa contra estreses abióticos como la salinidad y los periodos de sequía (Creelman y Mullet, 1997; Hu et al., 2013; Dar et al., 2015; Per et al., 2018).

El jasmonato de metilo (JAME) fue identificado por primera vez en el aceite esencial de las flores de *Jasminum grandiflorum* en la década de 60 y desde entonces ha sido estudiado en diversos cultivos (Demole et al., 1962 in Per et al., 2018).

Diversos estudios muestran el efecto del JAME sobre los atributos de calidad y maduración de los frutos debido a su capacidad de reducir diferentes estreses inducidos durante el periodo poscosecha, como los daños por frío, la infección por algunos patógenos y el estrés mecánico, entre otros (Sayyari et al., 2011).

La aplicación de JAME redujo 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 (Siboza, Betling y Odindo, 2014), granada (Sayyari et al., 2011a), tomate (Liu et al. 2018), melocotón (Wei, Wen, y Tang 2017) y banana (Zhao et al., 2013) atribuyéndose sus efectos al mantenimiento de la integridad de la membrana y a un aumento del contenido de AJ endógeno y la expresión de los genes implicados en la biosíntesis de AJ (Zhang et al., 2014).

Numerosos autores muestran que la aplicación precosecha de JAME aumenta el tamaño de los frutos, mejora su calidad, el aroma y sabor así como la calidad postcosecha, en cultivos como ciruelas (Martínez-Esplá et al. 2014), frambuesa (Flores y Ruiz del Castillo 2014), fresas var. Sabrosa (Asghari y Hasanlooe 2015), vid (D'Onofrio, Matarese, y Cuzzola 2018), entre otros.

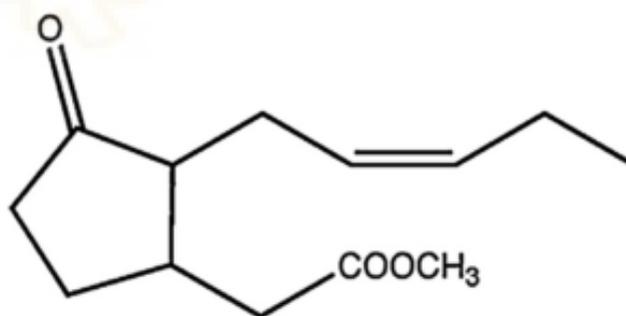


Figura 5. Molécula de Jasmonato de Metilo (JAME). Fuente: (Dar et al. 2015).

Actualmente, esta fitohormona no está registrada para su utilización comercial en agricultura ecológica. Sin embargo, al tratarse de un compuesto natural presente en las plantas, la aplicación de JAME exógeno para mejorar atributos de calidad y alargar la vida útil postcosecha de las brevas podría ser una alternativa para agricultura ecológica dada la carencia de productos aptos para su uso.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del tratamiento pre-cosecha con jasmonato de metilo (JAME) aplicado a concentración de 0,1 mM sobre la maduración de brevas de la variedad `Colar`, así como el efecto sobre su calidad en el momento de la recolección y durante 21 días de almacenamiento refrigerado.

3. Materiales y métodos

3.1 Material vegetal y Diseño experimental

El experimento se llevó a cabo con higueras de la variedad Colar durante el año 2018 en una finca comercial localizada en Partida de Matola – Elche (Alicante). Se seleccionaron y marcaron tres árboles al azar para realizar los diferentes tratamientos: un árbol para el tratamiento control (agua destilada), un árbol para el tratamiento con Jasmonato de Metilo (JAME) a la concentración de 0,1 mM y un árbol con Ethrel.

Los tratamientos de JAME 0,1 mM (Sigma, Aldrich, Madrid) 0,1 mM recién preparados se aplicaron mediante pulverización foliar (15 litros por árbol) conteniendo un 0,5% de Tween 20. Se realizaron un total de 3 tratamientos con JAME en 3 momentos diferentes, siendo el primer tratamiento el 25 de mayo y el último el día 15 de junio (3 días antes de la recolección destinada a realizar el ensayo de conservación).

Los tratamientos con Ethrel fueron realizados por el agricultor siguiendo las instrucciones de uso del producto utilizado habitualmente.

Las brevas empezaron a recolectarse el 29 de mayo basándose en los criterios comerciales de tamaño y color, y estas recolecciones finalizaron el 30 de junio. Se registró el peso en las diferentes recolecciones y se calculó el peso medio de las brevas para cada uno de los tratamientos.

Las brevas recolectadas 3 días después del último tratamiento con JAME (18 de junio) se llevaron al laboratorio de la Escuela politécnica Superior de Orihuela para realizar un ensayo de almacenamiento postcosecha. Se seleccionaron aleatoriamente brevas sin defectos visuales y con un color y tamaño homogéneo para realizar los distintos lotes. Se seleccionaron un total de 15 brevas (5 brevas por

lote x 3 réplicas) para cada día de muestreo, siendo los muestreos los días 0 (M0), 4 (M1), 10 (M2) y 21 (M2), y se almacenaron a 2 °C y una humedad relativa del 85%.

En cada uno de los muestreos se utilizaron 3 lotes de cada tratamiento y se realizaron las siguientes determinaciones analíticas: peso, color, tasa de respiración, producción de etileno, sólidos solubles, acidez y firmeza.

3.2 Tasa de respiración

Para determinar la tasa de respiración se utilizó el sistema estático propuesto por Kader (1992) que implica encerrar los frutos en un recipiente de cierre hermético durante un periodo de tiempo determinado durante el cual el fruto respira y aumenta la concentración de CO₂ en el interior del recipiente.

Para realizar estas medidas se introdujeron 2 brevas, de peso conocido, en frascos de vidrio de 500 mL de capacidad con tapadera de cierre hermético. Esta tapadera constaba de un septum, válvula de material elastómero, que permitió, transcurridos 60 minutos, tomar una muestra del aire de cabeza de los botes con jeringas de 1 mL cada una.

La tasa de producción de CO₂ se cuantificó usando un cromatógrafo de gases Shimadzu™ GC-14B con un detector de conductividad térmica (TCD) y una columna de relleno concéntrica CTR I (ALLTECH), con las siguientes condiciones de trabajo: temperatura del horno de 35 °C, temperatura del inyector de 120 °C, temperatura del detector de 120 °C y flujo del gas portador (Helio) de 65 mL/min. Se realizó una calibración con patrón externo usando aire atmosférico, cuya concentración de CO₂ es 0,036 %. El cromatógrafo estaba conectado a un ordenador personal con un programa informático específico para el registro de los cromatogramas y su integración que permite la cuantificación.

El CO₂ producido como consecuencia del metabolismo se acumula y puede calcularse conociendo el peso del producto, el volumen del recipiente, y el tiempo que permanece cerrado el envase. La concentración de CO₂ en las muestras tomadas de los frascos, se calculó comparando el área de integración del pico de la muestra con la de los patrones utilizados de concentración conocida. Los resultados para la tasa de respiración fueron la media ± ES y se expresaron como mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

3.3 Producción de etileno

La producción de etileno fue medida con el uso del mismo sistema de recipientes herméticamente cerrados con la válvula elastómera. Fueran usadas dos jeringuillas de cada bote, inyectadas en el cromatógrafo de gases Hewlett-Packard modelo 5890 Serie II, con detector de ionización de llama (FID) columna de acero inoxidable de 3m de longitud total y de 1/8" de diámetro interno, con relleno de alúmina activada de 80/100mesh.

Las condiciones de trabajo fueron: temperatura del horno: 90 temperatura del horno: 90 °C, temperatura del inyector y del detector: 150 °C, flujo del gas portador (Helio): 32 mL/min, flujo de hidrógeno: 26ml/min, flujo de aire: 400ml/min. El cromatógrafo estaba acoplado a un ordenador Hewlett-Packard y después de un tiempo de retención de 2 minutos se obtuvo un pico de etileno. La calibración se realizó con etileno de concentración 10 ppm. Los resultados se expresaron en $nL \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ y fueron la media \pm ES.



Figura 6. Recipientes herméticamente cerrados usados para determinar tasa de respiración y producción de etileno. Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.4 Pérdida de peso

El peso se determinó mediante una balanza Mettler PB- 1502 con 2 cifras decimales de precisión y se expresó en gramos. Se pesaron los frutos cada día de muestreo y se compararon con los pesos que poseían el día 0. La determinación de pérdida de peso se expresó en % con respecto al peso inicial y los resultados son la media \pm ES de los tres lotes.

3.5 Color

La medida de color se determinó en la superficie de cada cara de los 5 frutos para cada réplica, usando un colorímetro triestímulo Minolta CR – 300 y se hizo medidas en tres puntos del ecuador del fruto. Los resultados fueron evaluados usando el sistema de coordenadas CIE Lab (L^* , a^* y b^*), este sistema de coordenadas permite ubicar colorimétricamente el color de los frutos en un punto tridimensional que aproximaría al máximo a la percepción humana de los colores.

Las coordenadas representan los tres índices básicos que componen un color, la luminosidad, el tono y la croma. La L designa la luminosidad y varía de negro (0) hasta blanco total (100), el a^* y la b^* representan cromaticidad (tono y croma respectivamente). El eje a^* varía de los colores verdes ($-a$) hasta los colores rojos ($+a$) y el eje b^* varía de los colores azules ($-b$) hasta los amarillos ($+b$). Los resultados fueron expresados como el parámetro b^* , y fueron la media \pm ES de 15 frutos.

3.6 Firmeza

La firmeza de las brevas se determinó independientemente en los 5 frutos de cada réplica usando un texturómetro TA.XT plus Stable Micro Systems conectado con un ordenador personal. Se realizó un ensayo de deformación del fruto con un plato plano de acero montado sobre el texturómetro. Este disco de acero se hace descender hasta que contacta con la superficie del fruto y el equipo mide el diámetro del mismo. A continuación, continúa el descenso del disco y se aplica una fuerza (25kN) hasta alcanzar una deformación del 3 % del diámetro del fruto, con una precisión de medida de 0,5-1,0 %. Los resultados se expresaron como la relación fuerza-deformación ($N\ mm^{-1}$) y fueron la media \pm ES.

3.7 Sólidos Solubles Totales y Acidez

La acidez y los sólidos solubles totales están relacionados con el contenido de azúcares presentes en el fruto, expresando por tanto la maduración. Los sólidos solubles totales (SST) se midieron por duplicado sobre el zumo obtenido de una muestra de 40 g representativa de cada lote mediante refractometría. Para ello se utilizó un refractómetro digital Atago PR-101 (Atago Co. Ltd., Tokyo, Japón) a 20 °C, y se expresaron como ° Brix (media \pm ES).

La acidez total (AT) se determinó por duplicado en el mismo zumo mediante titulación automática con un pH metro 785 DMP Titrino (Metrohm) de sensibilidad $\pm 0,01$ pH. Se valoró con NaOH 0,1 N hasta alcanzar un pH de 8,1, usando 1 mL de zumo diluido en 25 mL de agua destilada. Los resultados son el valor medio \pm ES y se expresaron como g ácido málico equivalentes 100 g^{-1} de peso fresco.

4. Resultados y discusión

La primera recolección se realizó el 29 de mayo, fecha en la que sólo se recolectaron brevas tratadas con Ethrel. La aplicación de Ethrel estimuló la producción de etileno produciendo un adelanto de la maduración ya que no fue hasta el 6 de junio (8 días después) cuando se recolectaron las primeras brevas control. Sin embargo, las brevas tratadas con JAME empezaron a recolectarse el 8 de junio, por lo que el tratamiento con jasmonato de metilo aplicado en precosecha a la concentración de 0,1 mM produjo un retraso de la maduración.

Se registró el peso medio de los frutos en cada recolección para cada uno de los tratamientos y se obtuvo un peso medio de las brevas control de $87,68 \pm 4,62$ g, de $83,76 \pm 3,42$ g para las tratadas con JAME y de $94,8 \pm 3,53$ g para las tratadas con Ethrel.

4.1 Tasa de respiración

La tasa de respiración de las brevas en el momento de la recolección (día 0) dio valores cercanos a $50 \text{ mg.kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ en los tratamientos control y JAME y valores de $40 \text{ mg CO}_2.\text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ en el tratamiento convencional con Ethrel. Se produjo una disminución y mantenimiento de la tasa de respiración debida a las bajas temperaturas de almacenamiento refrigerado y no se encontraron diferencias significativas entre las brevas tratadas (JAME y Ethrel) con respecto a los controles a lo largo de la conservación.

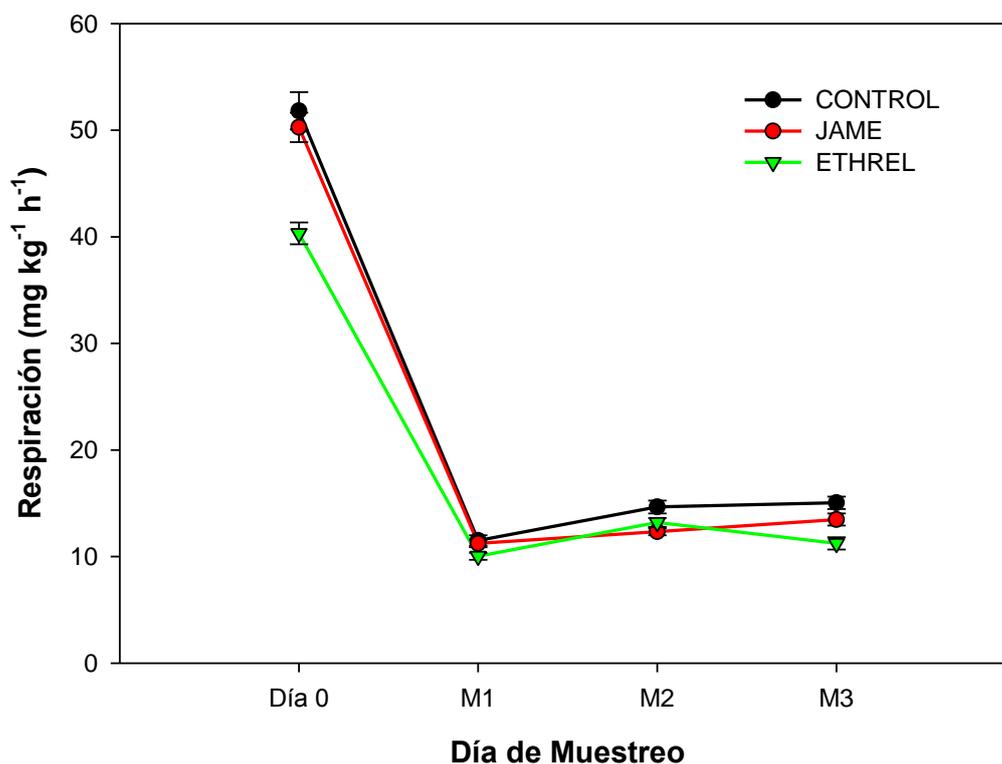


Figura 7. Evolución de la tasa respiratoria de brevas variedad Colar en el momento de la recolección y durante 21 días de almacenamiento refrigerado.

4.2 Producción de etileno

El etileno es una hormona vegetal responsable principalmente de la regulación de la maduración en frutos climatéricos como las brevas (Liu et al. 2018). Este tipo de frutos incrementan marcadamente su tasa respiratoria y la producción de etileno mientras maduran hasta un punto máximo (pico climatérico) que después decae.

La producción de etileno en el momento de la recolección fue superior en las brevas controles que en las tratadas con JAME y Ethrel posiblemente debido a que se encontraba en un estado más avanzado de maduración, aunque su maduración comercial era similar en su aspecto, y que fue este el criterio establecido para su recolección. En ninguno de los tratamientos aplicados se pudo determinar el pico climatérico ya que este momento podría haberse dado antes de la recolección.

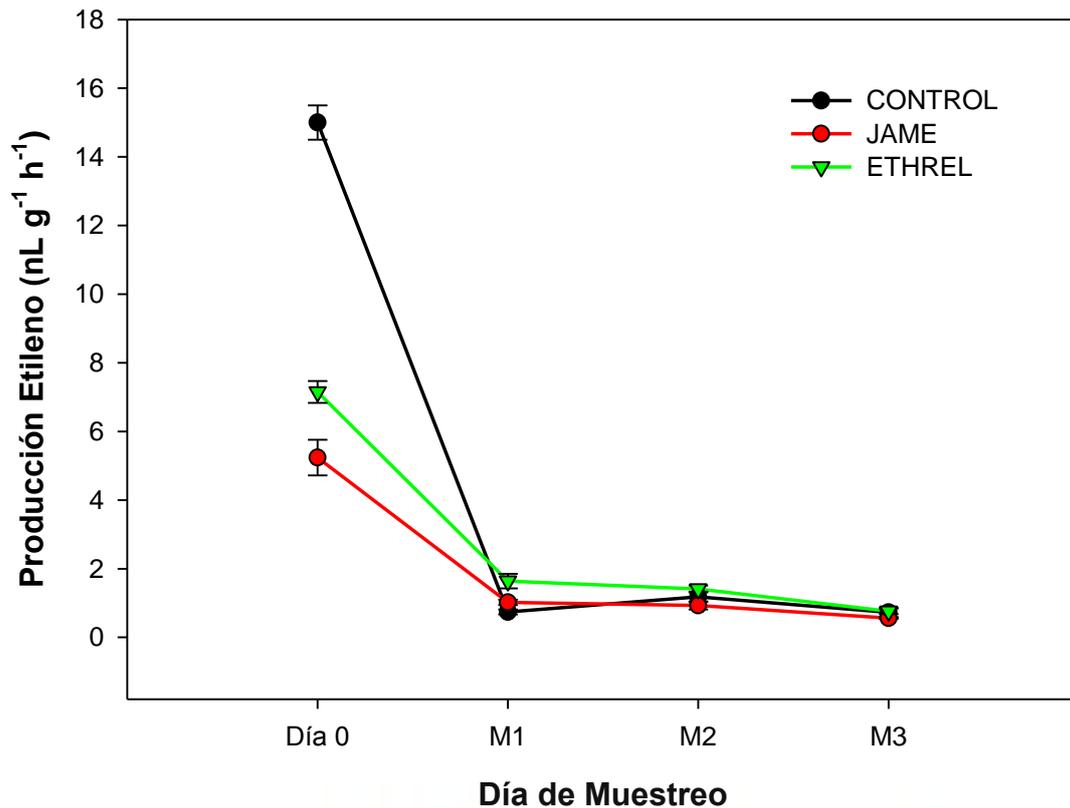


Figura 8. Evolución de la tasa de producción de etileno de las brevas control y tratadas con Ethrel y JAME durante los días después de la aplicación.

4.3 Pérdida de peso

La pérdida de peso es una de las principales causas que reducen el tiempo de conservación de brevas y, por tanto, reducen su valor comercial. Las brevas tratadas con JAME y Ethrel sufrieron menores pérdidas de peso, aproximadamente un 10% de pérdida de peso, en comparación con las brevas control, en las que se produjo un 15% de reducción de peso después de 21 días de almacenamiento refrigerado (figura 8).

Estos resultados coinciden con estudios previos donde la aplicación del JAME a las concentraciones de 0,1 mM, 0,25mM y 0,5mM redujo hasta un 8% la pérdida de peso con relación al peso inicial en naranjas variedad Midnight (Rehman, Singh, y Khurshid 2018).

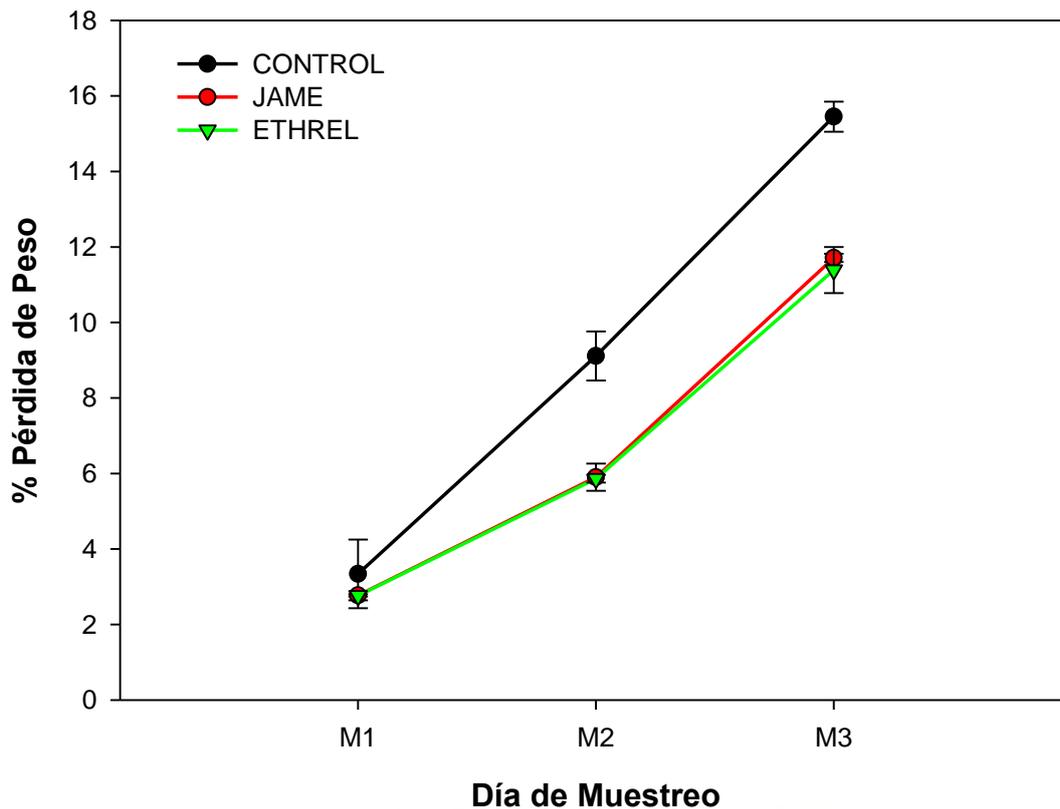


Figura 9. Evolución del peso de las brevas tratadas con JAME, Ethrel y Control en el momento de la recolección y durante 21 días de almacenamiento refrigerado.

4.4 Color

El color externo de la piel de los frutos es uno de los cambios más típicos e indicativo del proceso de maduración de las brevas (Castillo et al. 2008). La variedad Colar varía des un color verdoso pasando a un morado intenso, lo que se manifiesta por un descenso en el parámetro b^* del color. Las brevas tratadas con JAME y Ethrel presentaron un valor similar para el parámetro b^* en el momento de la recolección siendo este valor mayor que el obtenido en las brevas control que presentaban una coloración más morada, aunque estas diferencias no se apreciaban en el momento de la recolección.

Durante los 21 días de almacenamiento refrigerado se produjo un descenso del parámetro b^* tanto en los frutos control como en los tratados relacionado con el proceso de maduración, y tras el periodo de conservación no se obtuvieron diferencias significativas entre las brevas tratadas con JAME y con Ethrel, siendo este valor mayor que en las brevas control.

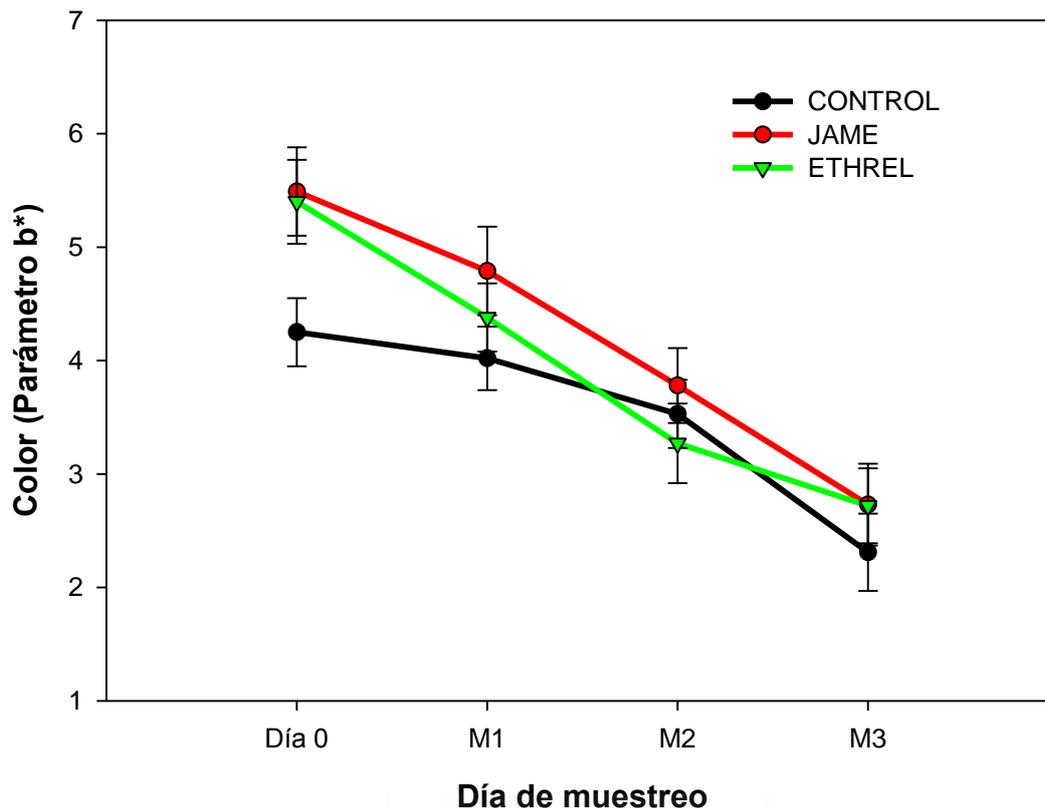


Figura 10. Evolución del color en brevas tratadas con JAME, Ethrel y Control en el momento de la recolección y durante 21 días de almacenamiento refrigerado a 2° C.

4.5 Firmeza

La firmeza del fruto es otro de parámetros indicadores de la maduración y de la calidad del fruto en post-cosecha. La pérdida de firmeza a lo largo del periodo de almacenamiento es uno de los principales problemas que reducen el tiempo de comercialización y vida útil de las brevas.

En la figura 11 se observa que la aplicación de JAME a una concentración de 0,1mM dio lugar a brevas con mayor firmeza que las tratadas con Ethrel y el control en el momento de la recolección. Durante el almacenamiento refrigerado se produjo una disminución de la firmeza, tanto en las brevas tratadas como en las brevas control, propia de los cambios fisiológicos que se producen durante la maduración del fruto, pero siempre fue mayor la firmeza en las brevas tratadas con JAME. Estos resultados están de acuerdo con estudios previos en los que la aplicación de JAME exógeno en pre-cosecha redujo y retardó la síntesis del etileno durante la conservación post-cosecha, disminuyendo así la pérdida de firmeza (Saracoglu et al. 2017; Martínez-Esplá et al. 2017).

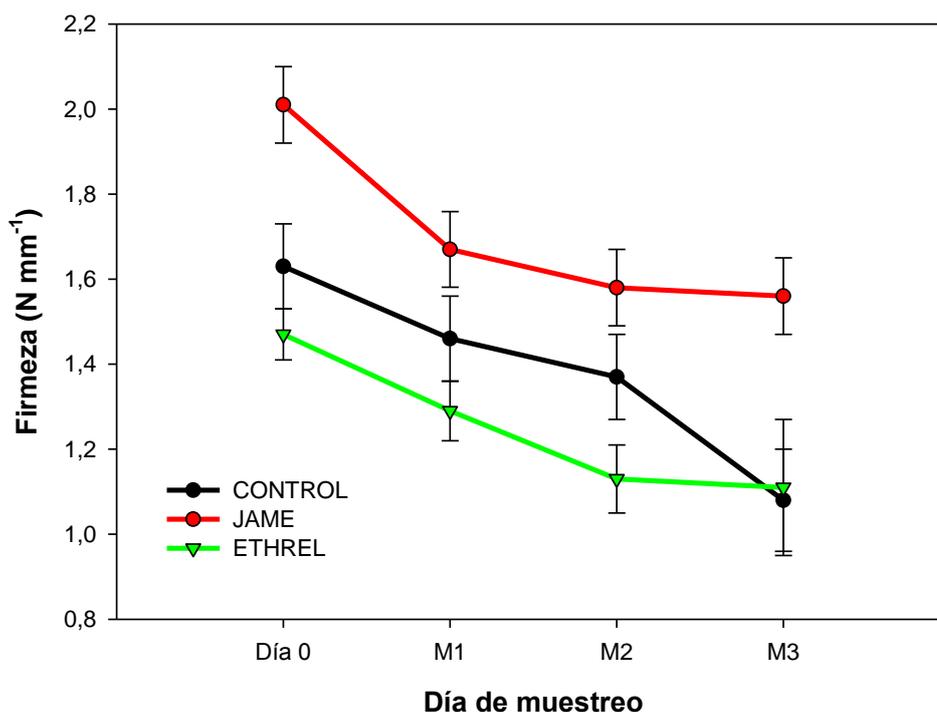


Figura 11. Evolución de la firmeza de las brevas tratadas con JAME, Ethrel y Control en el momento de la recolección y durante 21 días de almacenamiento refrigerado.

4.6 Sólidos Solubles Totales y Acidez

Como se puede observar en la figura 12, el contenido en sólidos solubles totales fue mayor en las brevas control que en las tratadas con JAME en el momento de la recolección, y en ambos casos se observó una evolución similar a lo largo del periodo de almacenamiento refrigerado. Las brevas tratadas con Ethrel tuvieron valores significativamente menores de sólidos solubles en el momento de la recolección, y la evolución de su contenido fue diferente a la obtenida en las brevas tratadas con JAME y control.

Por otro lado, y aunque la acidez que presentan estos frutos es baja, se observó un incremento de la misma durante la conservación refrigerada, sin observar diferencias significativas entre los tratamientos. Los tratamientos aplicados en precosecha dieron lugar a la recolección de frutos con 0,1 g 100g⁻¹ de acidez, aunque tras 15 días de almacenamiento refrigerado estas diferencias no se encontraban.

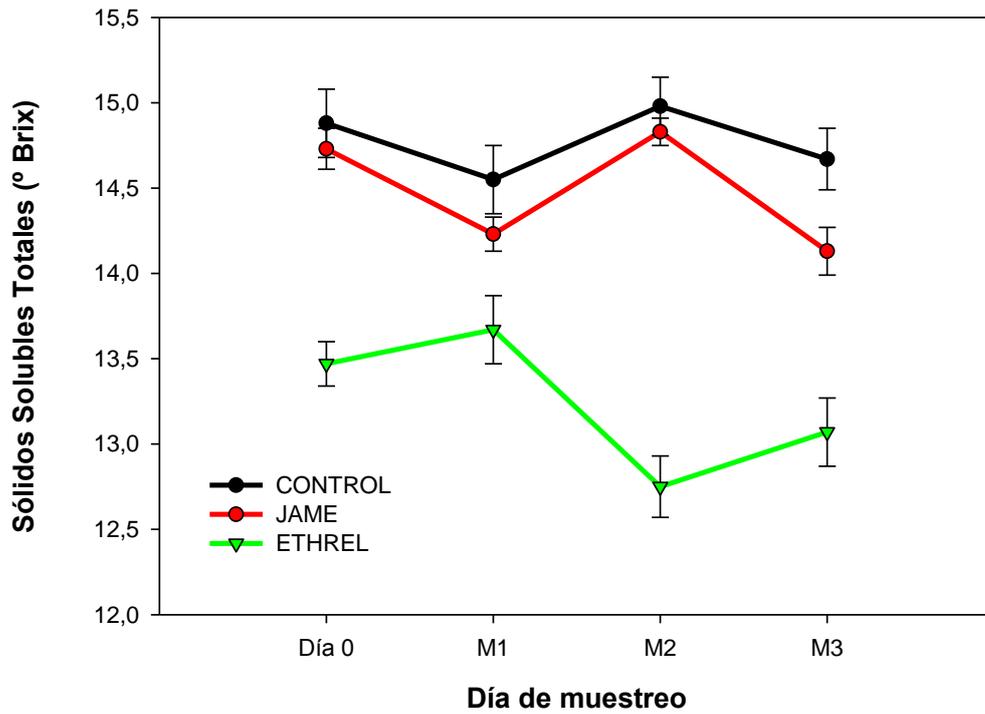


Figura 12. Evolución de sólidos solubles totales en brevas tratadas con JAME, Ethrel y Control en el momento de la recolección y durante 21 días de almacenamiento refrigerado.

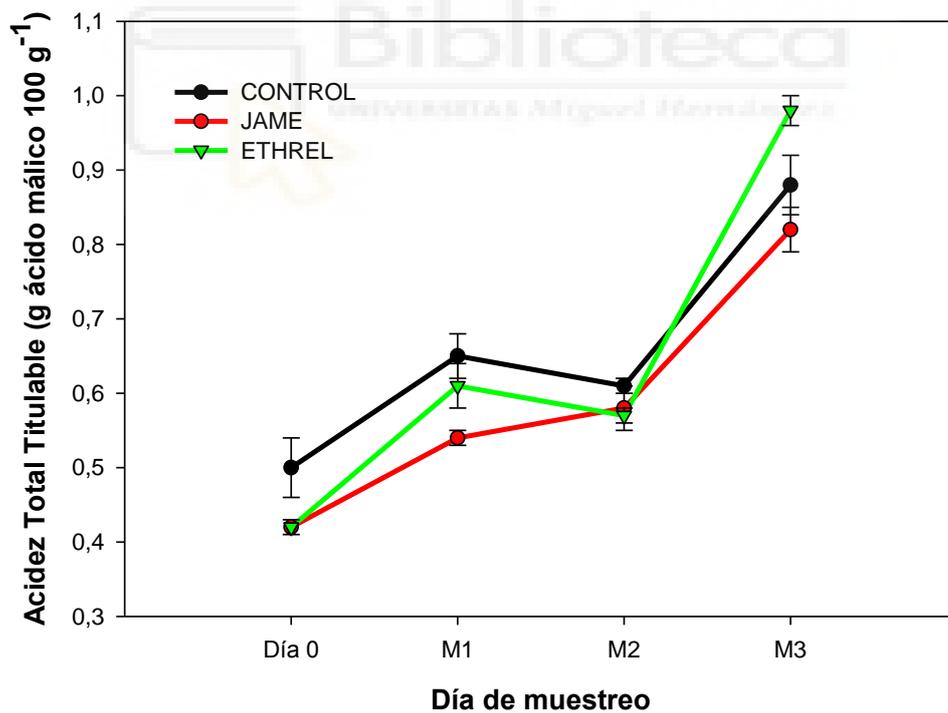


Figura 13. Evolución de acidez en brevas tratadas con JAME, Ethrel y Control en el momento de la recolección y durante 21 días de almacenamiento refrigerado.

5. Conclusiones

La aplicación de jasmonato de metilo en pre-cosecha a la concentración de 0,1 mM produjo un retraso de maduración de las brevas ya que se recolectaron 2 días más tarde que los controles.

La firmeza de las brevas tratadas con JAME fue mayor que en las brevas control y tratadas con Ethrel tanto en el momento de la recolección como durante 21 días de almacenamiento refrigerado, permitiendo así mantener uno de los principales parámetros de calidad y extender el periodo de comercialización de las brevas.

Los tratamientos con JAME y con Ethrel redujeron la pérdida de peso de manera significativa comparadas con las brevas control.

La aplicación en precosecha de jasmonato de metilo a la concentración de 0,1 mM en brevas de la variedad 'Colar' podría ser una herramienta útil y respetuosa con el medio ambiente para alargar la vida post-cosecha de las brevas y mantener la calidad del fruto durante el almacenamiento.

Sin embargo, se requiere nuevos estudios donde se puedan evaluar distintas concentraciones de aplicación de JAME, bien como evaluar distintos parámetros para ratificar estos datos y entender de manera más completa los efectos de jasmonato de metilo sobre el cultivo de brevas.

6. Bibliografía

- Aguayo, E., Allende, A., Artés, F., 2003. Keeping quality and safety of minimal fresh processed melon. *Eur. Food Res. Technol.* 216 (6), 494–499.
- Asghari, M., y Hasanlooe, A. R., 2015. «Interaction effects of salicylic acid and methyl jasmonate on total antioxidant content, catalase and peroxidase enzymes activity in “Sabrosa” strawberry fruit during storage». *Scientia Horticulturae* 197. Elsevier B.V.: 490-95. doi:10.1016/j.scienta.2015.10.009.
- Bahar, A., y A. Lichter. 2018. «Effect of controlled atmosphere on the storage potential of Ottomanit fig fruit». *Scientia Horticulturae* 227 (August 2017): 196-201. doi:10.1016/j.scienta.2017.09.036.
- Castillo, S. et al., 2008. «Efecto del ethrel sobre el proceso de maduración de la breva», 1165-70.
- Corrales, M. L., 2009. «Higuera en extremadura», 121-30.
- 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 (1): 355-81. doi:10.1146/annurev.arplant.48.1.355.
- D’Onofrio, C., Matarese, F. y Cuzzola, C., 2018. «Effect of methyl jasmonate on the aroma of Sangiovese grapes and wines». *Food Chemistry* 242 (September 2017). Elsevier: 352-61. doi:10.1016/j.foodchem.2017.09.084.
- Dar, T. A., et al., 2015. «Jasmonates counter plant stress: A review». *Environmental and Experimental Botany* 115. Elsevier B.V.: 49-57. doi:10.1016/j.envexpbot.2015.02.010.
- Demole, E., Lederer, E., Mercier, D., 1962. Isolement et détermination de la structure du jasmonate de méthyle: constituant odorant caractéristique de l’essence de jessmin. *Helv. Chim. Acta* 45, 675–685
- Flores, G., y Ruiz del Castillo, M. 2014. «Influence of preharvest and postharvest methyl jasmonate treatments on flavonoid content and metabolomic enzymes in red raspberry». *Postharvest Biology and Technology* 97. Elsevier B.V.: 77-82. doi:10.1016/j.postharvbio.2014.06.009.
- FAOstat - estadísticas FAO, 2016. «Ranking por commodities». http://www.fao.org/faostat/es/#rankings/countries_by_commodity
- González-Aguilar, G.A., et al., 2004. Methyl jasmonate treatments reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 313, 694–701.
- González-Rodríguez, A, y Grajal-Martín. 2011. Higueras de Canarias caracterización morfológica de variedades.
- Hu, P., et al. 2013. «JAV1 Controls Jasmonate-Regulated Plant Defense». *Molecular Cell* 50 (4): 504-15. doi:10.1016/j.molcel.2013.04.027.

- ICEX - España comercio, exportaciones e inversiones. Estadísticas españolas de comercio exterior. <https://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/estadisticas/sus-estadisticas-a-medida/estadisticas-espanolas-estacom/index.html>
- Khadivi, A., Anjam, R. y Anjam, K. 2018. «Morphological and pomological characterization of edible fig (*Ficus carica* L.) to select the superior trees». *Scientia Horticulturae* 238 (April): 66-74. doi:10.1016/j.scienta.2018.04.031.
- Liu, H., et al. 2018. «Effects of postharvest methyl jasmonate treatment on main health-promoting components and volatile organic compounds in cherry tomato fruits». *Food Chemistry* 263 (December 2017). Elsevier: 194-200. doi:10.1016/j.foodchem.2018.04.124.
- MAPAMA - Ministerio de la agricultura, pesca y alimentación. 2018. Datos estadísticos de la agricultura ecología. <https://www.mapama.gob.es/es/alimentacion/temas/produccion-ecologica/documentos-de-interes/default.aspx>
- MAPAMA - Ministerio de la agricultura, pesca y alimentación. 2018. Productos fitosanitarios regulados. <https://www.mapama.gob.es/agricultura/pags/fitos/registro/productos/pdf/13299.pdf>
- Maul, F., et al., 2000. Tomato flavor and aroma quality as affected by storage temperature. *J. Food Sci.* 65 (7), 1228–1237.
- Martínez-Esplá, A., et al. 2017. «Preharvest application of oxalic acid improves quality and phytochemical content of artichoke (*Cynara scolymus* L.) at harvest and during storage». *Food Chemistry* 230: 343-49. doi:10.1016/j.foodchem.2017.03.051.
- Martínez-Esplá, A., et al. 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. Elsevier B.V.: 98-105. doi:10.1016/j.postharvbio.2014.07.011.
- Moreno, P., M. 1999. «El cultivo de la higuera (*Ficus carica*. L) ». A.Madrid Vicente ediciones.
- Moreno, P., M. 2000. «Tratado de fructicultura para zonas áridas y semiáridas».vol. 1. A.Madrid Vicente ediciones.
- Per, T. S., et al. 2018. «Jasmonates in plants under abiotic stresses: Crosstalk with other phytohormones matters». *Environmental and Experimental Botany* 145 (July 2017): 104-20. doi:10.1016/j.envexpbot.2017.11.004.
- Rehman, M., Singh, Z., y Khurshid, T., 2018. «Methyl jasmonate alleviates chilling injury and regulates fruit quality in 'Midknight' Valencia orange». *Postharvest Biology and Technology* 141 (October 2017). Elsevier: 58-62. doi:10.1016/j.postharvbio.2018.03.006.

- Sala, F. 2000. «El cultivo de la Higuera Breval», Ministerio de la Agricultura.
- Saracoglu, O., et al., 2017. «Pre-harvest methyl jasmonate treatments delayed ripening and improved quality of sweet cherry fruits». *Scientia Horticulturae* 226 (August): 19-23. doi:10.1016/j.scienta.2017.08.024.
- Sayyari, M., et al., 2009. «Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates» *Postharvest Biol. Technol.* 53, 152–154a.
- Sayyari, M., et al. 2011. Vapour treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. *Food Chem.* 124, 964–970.
- Souza, M., et al. 2013. «Caracterización morfológica, química y sensorial de cuatro variedades de brevas». *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 14, núm. 1, 2013, pp. 48-52
- Trivittayasil, V., Tanaka, F. y Hamanaka, D. 2014. «ScienceDirect Prediction of surface temperature of figs during infrared heating and its effect on the quality» 2: 0-6. doi:10.1016/j.biosystemseng.2014.03.007.
- Villalobos, M.C., et al. 2017. «Influence of modified atmosphere packaging (MAP) on aroma quality of figs (*Ficus carica* L.)». *Postharvest Biology and Technology* 115 (August 2017): 103-12.
- Wei, J., Wen, X., y Tang, L. 2017. «Effect of methyl jasmonic acid on peach fruit ripening progress». *Scientia Horticulturae* 220. Elsevier B.V.: 206-13. doi:10.1016/j.scienta.2017.03.004.
- Zhang, X., et al., 2014. Jasmonate- activated MYC2 represses ETHYLENE INSENSITIVE3 activity to antagonize ethylene-promoted apical hook formation in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 26, 1105–1117.
- Zhao, M.L., et al., 2013. Induction of jasmonate signalling regulators MaMYC2 s and their physical interactions with MaICE1 in methyl jasmonate-induced chilling tolerance in banana fruit. *Plant Cell Environ.* 36, 30–51