

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

Facultad de Ciencias Experimentales
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

GRADO EN BIOTECNOLOGÍA



**“TRATAMIENTOS PRE-COSECHA CON ELICITORES PARA
MEJORAR LA CALIDAD DE ALBARICOQUES EN EL
MOMENTO DE LA RECOLECCIÓN”**

Autor: Ramón Quiles Bernabéu
Tutor: Daniel Valero Garrido

Resumen:

TRATAMIENTOS PRE-COSECHA CON ELICITORES PARA MEJORAR LA CALIDAD DE ALBARICOQUES EN EL MOMENTO DE LA RECOLECCIÓN

En la actualidad existe cierta problemática con el uso de fitosanitarios de origen químico, lo que ha llevado a investigar nuevos fitosanitarios de origen natural, más respetuosos con el medio ambiente, pero sin renunciar a los beneficios que aportan para el agricultor y el consumidor. En este estudio se evaluarán los diversos efectos del ácido oxálico y el ácido salicílico como tratamientos pre-cosecha y su influencia sobre la producción y la calidad en el momento de la recolección, así como tras su almacenamiento en post-recolección.

Palabras clave: Albaricoque, cv. Madison, Oxálico, Salicílico, OA, SA.



Abstract:

PRE-HARVEST TREATMENTS WITH ELICITORS TO IMPROVE THE QUALITY OF APRICOTS AT THE TIME OF COLLECTION

Nowadays the use of chemically derived phytosanitary products exhibits some problems. Those problems have led to the investigation of new phytosanitary products of natural origin, more environmentally friendly, but without renouncing the benefits they bring to farmers and consumers. In this study, we will evaluate the effects of oxalic acid and salicylic acid as pre-harvest treatments and their influence on production and quality at the time of harvesting, as well as at post-harvest storage time.

Keywords: Apricot, Madison, Oxalic, Salicylic, OA, SA.

Quisiera dar las gracias a toda la gente que ha permitido que este trabajo saliese adelante, así como a la gente que me ha apoyado durante todo el proceso de realización del TFG.

Primero de todo, me gustaría agradecer a mis compañeros de prácticas e integrantes del grupo de investigación en Post-Recolección de Frutas y Hortalizas por su colaboración. Me habéis apoyado enormemente y siempre habéis estado ahí para ayudarme cuando lo necesitaba. Particularmente me gustaría nombrar a mi tutor, Daniel Valero. Me gustaría agradecerle tu cooperación y darte las gracias por todas las oportunidades que me has dado durante mi estancia en el laboratorio.

También quiero agradecer todo el cariño y el apoyo recibido por parte de mi familia y amigos, haciendo especial mención a mi hermana, por sus ánimos, a Elena e Ibelia, por sus consejos y su ayuda, y a Gema, por apoyarme, animarme y darme su tiempo y su cariño. Agradezco también la paciencia de mi padre, mi madre y mis abuelos, esta etapa de mi vida se termina, no sin tener en cuenta quién ha estado ahí desde el principio.

Hay mucha gente que no menciono de forma directa en estos agradecimientos, compañeros de clases, de prácticas, amigos... A todos os agradezco todo lo que habéis compartido conmigo.

Gracias de corazón.



Índice de contenidos

1	INTRODUCCIÓN	4
1.1	El albaricoque.	4
1.2	Calidad comercial del albaricoque.	4
1.3	Importancia económica y producción del albaricoque.	5
1.4	Maduración en el albaricoque.	8
1.5	Problemas que presenta el albaricoque en producción y en post-cosecha.	9
1.6	Tecnologías Pre-cosecha.	11
2	OBJETIVOS	13
3	MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1	Material vegetal.....	14
3.2	Diseño experimental.....	14
3.3	Determinaciones analíticas	15
3.4	Tratamiento estadístico de los datos.....	21
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1	Efecto de los elicitores sobre el diámetro del fruto.....	22
4.2	Efecto de los elicitores sobre la producción	22
4.3	Efecto de los elicitores sobre el número de frutos	23
4.4	Efecto de los elicitores sobre la producción (kg árbol ⁻¹)	24
4.5	Efecto de los elicitores sobre el calibre de los frutos.....	25
4.6	Efecto de los elicitores sobre el peso de los frutos.....	26
4.7	Producción de etileno, tasa de respiración y pérdida de peso.....	28
4.8	Sólidos solubles totales (SST), acidez total (TA) e índice de madurez (IM).....	30
4.9	Firmeza y color.....	32
5	CONCLUSIONES	34
6	BIBLIOGRAFÍA	35

1 INTRODUCCIÓN

1.1 El albaricoque.

El albaricoque es el fruto del albaricoquero, planta perteneciente a la familia de las Rosáceas y que se engloba dentro del género *Prunus*. Actualmente el albaricoquero está clasificado como la especie *Prunus armeniaca* (Linneo), también denominada *Armeniaca vulgaris* (Lamark).

Su origen se corresponde a zonas templadas de China y África. Fue introducido en Europa por el Imperio Romano a través de sus rutas comerciales que comunicaban Asia con Europa, concretamente a través de Armenia, de donde deriva su nombre: *Prunus armeniaca*. Finalmente, la expansión del albaricoquero hacia América se produce desde Europa entre los siglos XVI y XVII.



Figura 1.1 Albaricoques (*Prunus armeniaca*). Fuente: Pixabay.

1.2 Calidad comercial del albaricoque.

La calidad de un fruto se va creando a lo largo de la cadena alimentaria, desde su origen en el campo, hasta su llegada al consumidor. Por ello, el objetivo que se persigue en la producción, la manipulación o la distribución de frutos, es mantener la calidad para posteriormente satisfacer las necesidades del consumidor.

En el año 2000, Shewfelt sugirió que las características propias del producto determinan su calidad y que la percepción y respuesta de los consumidores determinarían la aceptabilidad. A pesar de ello, y debido a la subjetividad que presenta, se suelen realizar determinaciones de parámetros específicos empleando técnicas analíticas que permiten llegar a un consenso de valores objetivos que establezcan la calidad del fruto.

Para determinar las propiedades responsables de la calidad sensorial de los frutos se estudian: la apariencia, la textura, el sabor y el aroma.

Para analizar la **apariencia** de un fruto se pueden emplear técnicas encaminadas a determinar el balance de colores que presenta. El color es un factor importante dado

que los consumidores establecen una relación visual entre el color y la calidad del fruto.

La **textura** de un fruto se puede definir como la sensación general que se obtiene en la boca al morder y masticar un fruto y que comprende características mecánicas, como dureza, crujibilidad y viscosidad, características químicas, como contenido en jugo y en grasas (Sams, 1999). En general, la mayoría de consumidores prefieren frutos con una textura firme, entendiendo como firme la capacidad de resistir a la deformación cuando se aplica una fuerza.

Por otro lado, el **sabor** y el **aroma** del fruto vienen determinados por la composición química, atendiendo al contenido en azúcares, ácidos orgánicos y ciertos compuestos volátiles. Así mismo, la acidez es un parámetro medible muy importante, debido a que una acidez elevada disminuye la apreciación del sabor. Otros estudios (Crisosto et al. 1997) establecen una relación entre la aceptación del consumidor y la alta concentración de sólidos solubles (SSC), pero no es el único factor, hay otros que la afectan como la relación SSC/Acidez y el contenido en sustancias fenólicas.

La importancia de analizar estos valores en albaricoques, y especialmente en variedades tempranas o tardías, reside en que no existe una correlación positiva entre el precio de estas variedades y la calidad que presentan. El precio de estas variedades viene marcado por la escasa oferta y la alta demanda de estos productos en la época del año en la que se obtienen. Por ello diversos estudios han ido encaminados a potenciar la calidad de los productos de estas variedades de albaricoque.

1.3 Importancia económica y producción del albaricoque.

Según la web del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) se estima un valor aproximado de 10.000 millones de euros (media 2008-2013) para la producción del sector de frutas y hortalizas exclusivamente, representando el 41% de la Producción Vegetal y el 24% de la Producción de la Rama Agraria. El sector genera el 24% del total de puestos de trabajo del sector agrario, existiendo además 100.000 empleos indirectos de labores de manipulación y envasado de la producción hortofrutícola. Para saber dónde ubicar la producción del albaricoque en estos valores, consultamos las bases de datos de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), del MAPAMA (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España) y de la FEPEX (Federación Española de Asociaciones de Productores Exportadores de Frutas, Hortalizas, Flores y Plantas vivas).

La Figura 1.2 representa la evolución de la producción de albaricoques a nivel nacional (entre 2007 y 2016). Como podemos apreciar, la producción presenta pérdidas entre 2008 y 2010 (debidas a la aparición del virus de la Sharka, la poca oferta de variedades, baja intensidad de color en las variedades cultivadas, lo que derivaba en una baja tasa de exportación a mercados europeos, entre otros).

En 2010-2011 comienza a aumentar la producción por la aparición e implementación de nuevas variedades y el aumento en la superficie de cultivo.

Evolución en la producción de albaricoque en España (2007-2016)

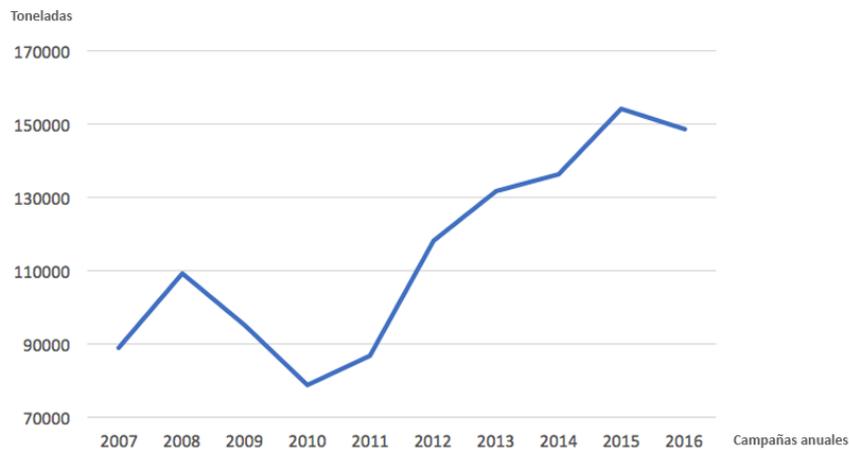


Figura 1.2 Evolución de la producción nacional de albaricoque.

Fuente: datos procedentes de FAOSTAT y MAPAMA, 2017.

(Gráfica generada a partir de los datos de FAOSTAT y MAPAMA)

La fruta de hueso en España en 2016 mostró una producción de 1.857.127 toneladas, siendo el albaricoque un 8% de la producción total con 148.570 toneladas (Anuario de Avances de Superficies y Producciones de MAPAMA, 2017). Se trata de una producción menor que en 2015, que fue de 154.351 toneladas, hecho probablemente ligado a cambios en la climatología, que afecten al cuaje y a la maduración de los frutos.

Se ve pues necesario seguir innovando con nuevas técnicas de mejora vegetal y de suplementación en los cultivos, capaces de solventar los problemas a los que se pueda enfrentar este cultivo en un futuro próximo (como la aparición de nuevas plagas o reducciones en el rendimiento de las cosechas debidas a los efectos del cambio climático).

Según FEPEX (Federación Española de Asociaciones de Productores y Exportadores de Frutas, Hortalizas, Flores y Plantas vivas) la exportación de albaricoque generó 115,3 millones de euros en 2016.

Empleando los datos de esta federación (2012-2016) se generaron dos gráficas, en la primera (Figura 1.3) podemos apreciar una comparativa entre la producción a nivel nacional de albaricoque y la cantidad de albaricoque que exporta España, vemos que en los últimos dos años más de la mitad de la producción nacional se exporta al extranjero, y en la segunda gráfica (Figura 1.4) vemos en cuánto dinero se han traducido esas exportaciones al extranjero.

Producción de albaricoque frente a exportaciones de albaricoque en España (2012-2016)

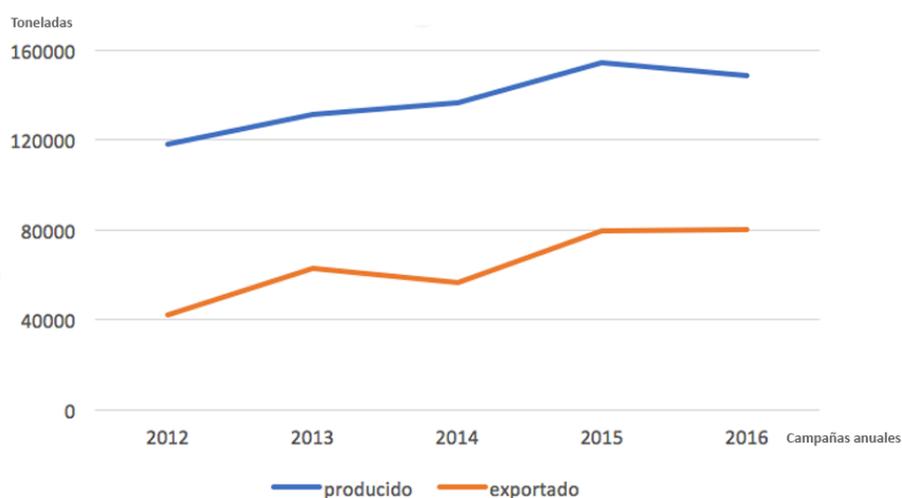


Figura 1.3 Producción de albaricoque frente a exportaciones de albaricoque en España.
Fuente: datos procedentes de FAOSTAT y MAPAMA, 2017.
(Gráfica generada a partir de los datos de FAOSTAT y MAPAMA)

Exportaciones españolas de albaricoque en euros (2012-2016)

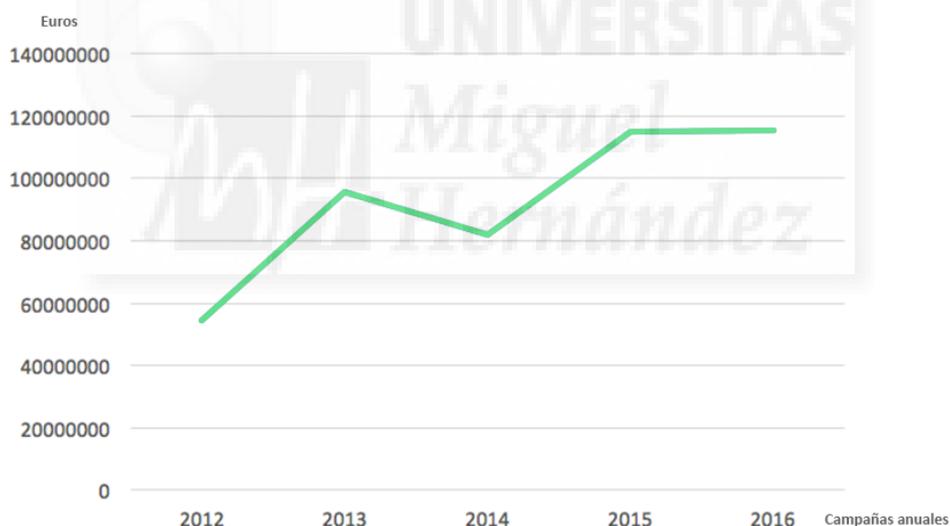


Figura 1.4 Exportaciones españolas de albaricoque en euros.
Fuente: datos procedentes de FAOSTAT y MAPAMA, 2017.
(Gráfica generada a partir de los datos de FAOSTAT y MAPAMA)

Gracias a estas dos gráficas, se puede apreciar la importancia que tienen las exportaciones a otros países de este cultivo y, por tanto, la importancia en potenciar la calidad de los mismos y su durabilidad, a fin de competir con las exportaciones de otros países. Se vuelve a ver necesario por tanto el desarrollo de métodos de mejora vegetal y de suplementación más eficientes que a su vez ayuden a aumentar la resistencia y la durabilidad de los albaricoques.

1.4 Maduración en el albaricoque.

El proceso de maduración se puede definir como aquel proceso fisiológico genéticamente programado que comprende toda una serie de cambios bioquímicos que modifican las propiedades físicas, químicas, nutricionales y funcionales que hacen al fruto atractivo al consumidor (Valero y Serrano, 2010).

En el proceso de maduración de los frutos puede producirse o no un incremento de la tasa respiratoria, acompañado de un incremento en la síntesis de etileno, que se denomina climaterio y sirve para establecer dos grandes grupos: frutos climatéricos y no climatéricos.

Los frutos climatéricos (como el albaricoque) son aquellos que muestran un incremento más o menos marcado en la tasa de respiración y en la síntesis de etileno, siendo capaces de evidenciar una posterior maduración tras su recolección. Los frutos no climatéricos por el contrario no presentan estas características.

El albaricoque presenta una elevada síntesis de etileno y un aumento de su actividad respiratoria posterior a su recolección. La capacidad de síntesis de etileno se produce a partir de cierto estado de desarrollo del fruto y está relacionada con su velocidad de maduración. De esta manera, el estado fisiológico que presenta la fruta en el momento de su cosecha, influye en la evolución de su maduración. La cosecha anticipada de albaricoques es una práctica común porque produce fruta más resistente a la manipulación y al transporte; la cosecha más tardía, en cambio, produce fruta de mejor calidad sensorial pero una vida posterior a la cosecha potencialmente más breve.

En general, el período de maduración del albaricoque se presenta durante los meses de mayo y junio, según la variedad y sus necesidades de frío. La variedad empleada en este trabajo (Madison) es una variedad temprana cuyo desarrollo comienza en marzo y finaliza con su recolección a principios de mayo, se trata de una variedad con bajas necesidades de frío para romper su letargo invernal, reduciendo su ciclo de floración-maduración.



*Figura 1.5 Foto de los árboles de la finca previos a la floración.
Fuente: foto propia tomada el 15 de febrero de 2017.*



Figura 1.6 Fotos de los árboles de la finca el primer día de cosecha.

Fuente: fotos propias tomadas el 1 de mayo de 2017.

La importancia en el uso de variedades tempranas (así como de variedades tardías) de albaricoques reside en aumentar el tiempo que se encuentra disponible el producto en el mercado. El precio de estas variedades suele ser mayor que el de las variedades convencionales puesto que en el momento en el que se obtienen hay una demanda alta de estos frutos, pero no suele haber tanta oferta, y como ya hemos comentado, la calidad de los mismos suele verse reducida frente a muchas variedades comerciales.

1.5 Problemas que presenta el albaricoque en producción y en post-cosecha.

El término post-cosecha se entiende como el período en que se encuentra un producto (y las actividades que se realizan sobre él) una vez éste ha sido cosechado, hasta el momento en el que es consumido o llega a manos del consumidor (Valero, 2012).

Además, tras la recolección, se produce una interrupción del ciclo de vida natural de la planta y la transpiración de la misma de manera que conducen a la pérdida de peso del fruto, así como otro tipo de pérdidas y deterioros ligados a su manipulación, almacenamiento y distribución (Ansari y Tuteja, 2014).

Cuando hablamos de pérdidas, por tanto, nos referimos a las mermas de peso que derivan de la deshidratación, las originadas por agentes biológicos y las derivadas por una inadecuada aplicación de algún parámetro de refrigeración. Por todo ello se hace necesario un correcto manejo post-cosecha, adecuado para cada producto, para mantener unos estándares de alta calidad y con un bajo nivel de deterioro (Valero y Serrano, 2010).

Los albaricoques son frutas con una vida post-cosecha corta, ya que dependiendo de sus condiciones de manipulación y almacenaje pueden pasar de tener sus máximas propiedades organolépticas a una sobre maduración (Kerbel, Kader y Mitchell, 1989).

Las mermas en la producción de albaricoques suelen estar relacionadas con la pérdida de peso (reducción en el porcentaje de agua presente en el fruto, las pobredumbres), los daños por frío y las alteraciones en el color.

Las pérdidas de agua del fruto tras su cosecha están ligadas a dos hechos importantes, el primero es que se interrumpe la llegada de agua suministrada por la planta, y el segundo es la transpiración del fruto (que comienza a mover el agua de la fruta al

ambiente). Los parámetros del medio condicionan la mayor o menor pérdida de peso en frutas (velocidad del aire, humedad relativa, temperatura...).

Las pobredumbres son los principales problemas pre-cosecha al que se enfrentan los agricultores de albaricoques. Y las más importantes son las originadas por Oidios, el Cribado (*Coryneum beijerincki*), la Abolladura o Lepra (*Taphrina spp.*), el Moteado (*Fusicladium eriobotryae*) y la Pobredumbre parda (*Monilia spp.*).



Figura 1.7 Foto de albaricoque infectado con *Coryneum beijerincki*.

Fuente: Guía web de gestión integrada de plagas en frutales de hueso, MAPAMA.

Los daños por frío vienen determinados por la temperatura de almacenamiento y por el contenido en sólidos solubles (Couvillon y Krewer, 1991), por ello la fruta cosechada antes, que presenta menos sólidos solubles, tiene una mayor predisposición a sufrir daños por frío. El daño por frío puede generar textura seca, pardeamiento, maduración incompleta y pérdida de propiedades organolépticas (Lurie y Crisosto et al. 2005).



Figura 1.8 Foto de daños por frío en nectarinas

Fuente: Chilling injury in peach and nectarine, Lurie y Crisosto et al. 2005.

(a) Pérdidas de agua que derivan en texturas harinosas, (b) pardeamiento, (c) enrojecimiento.

Por todo lo expuesto, y para evitar o reducir los problemas que se generan durante el almacenamiento de los frutos, manteniendo su calidad y características comerciales por más tiempo, se emplean diferentes tratamientos post-cosecha (Tratamientos térmicos, atmósferas modificadas, radiación UV controlada, compuestos naturales y recubrimientos comestibles).

1.6 Tecnologías Pre-cosecha.

En la actualidad se está fomentando el estudio de tecnologías pre-cosecha, como el uso de elicitors, para mejorar las propiedades post-cosecha de diversos cultivos hortofrutícolas antes de su recolección.

Los elicitors son sustancias que inducen cambios fisiológicos en las plantas para activar una serie de mecanismos similares a los que se activan ante una situación de estrés (Físico, químico o biótico), y que predisponen a la planta para poder soportar dicho estrés (e incluso combatir la causa del mismo en el caso de ser un estrés biótico). Existen muchas sustancias elicitoras de respuesta a estrés en plantas, pero nosotros nos vamos a centrar en el Ácido Oxálico (OA) y en el Ácido Salicílico (SA).

El Ácido Oxálico (OA) es un compuesto que interviene en diversas funciones en los tejidos vegetales, destacando como inductor de resistencias contra enfermedades causadas por hongos y virus, por medio de un aumento de la actividad enzimática y de compuestos fenólicos (Zheng et al. 2015). También interviene en la formación de cristales de oxalato de calcio como defensa contra especies herbívoras (Franceschi y Nakata et al. 2005). Además, se ha demostrado la capacidad antioxidante que presenta el ácido oxálico, y se ha propuesto la posibilidad de que se trate de un antioxidante natural en los sistemas vegetales (Kayashima y Katayama et al. 2002). Se ha demostrado que disminuye los daños por frío en melocotón regulando el metabolismo energético y los contenidos de ácidos grasos (Jin y Zhu et al. 2014).

El precio estimado del tratamiento con el elicitor en €/árbol fue de 0,03€/árbol tratado para el tratamiento OA 0.5 mM, y de 0,06€/árbol tratado para el tratamiento OA 1 mM.

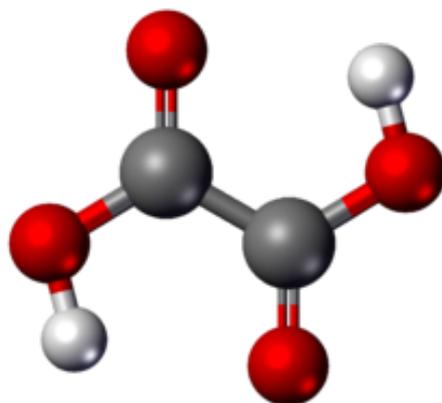
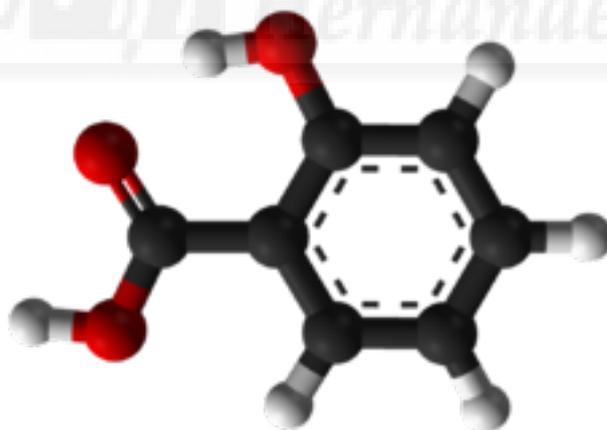


Figura 1.9 Estructura del Ácido Oxálico
Fuente: Imagen del proveedor (Sigma-Aldrich)

El Ácido Salicílico (SA) es un compuesto fenólico presente en todo el reino vegetal que interviene en diversos procesos entre los que se encuentran la termogénesis, fotosíntesis, respiración, transpiración, cierre de estomas, germinación en semillas, crecimiento celular, expresión de genes asociados a senescencia, toma y transporte de iones, entre otros (Klessig and Malamy 1994; Clarke et al. 2004; Morris et al. 2000; Harper and Balke 1981; Khan et al. 2015). Interviene limitando la síntesis de etileno al reducir la actividad de enzimas como la ACC sintasa y/o la ACC oxidasa, enzimas responsables de convertir La SAM en ACC y el ACC en etileno (Barman et al. 2016). Diversos estudios en plátano, mango y kiwi han demostrado que el tratamiento con SA reducía la pérdida de firmeza de forma significativa, y una reducción en la actividad de enzimas como la poligalacturonasa y la celulasa entre otras (Valero et al. 2011; Barman et al. 2016; Kazemi et al. 2014).

Se ha constatado además en diversos estudios que se producen aumentos en los niveles de ácido salicílico durante procesos infectivos en plantas resistentes, procesos que cursaban con una disminución de la actividad de la ascorbato peroxidasa y de la catalasa, conllevando un aumento en peróxido de hidrógeno, que actúa como segundo mensajero activando genes de defensa vitales en la respuesta adquirida local y en la sistémica (Klessig y Malamy et al. 1994; Chan et al. 2007).

El precio estimado del tratamiento con el elicitor en €/árbol fue de 0,20€/árbol tratado para el tratamiento SA 0.5 mM, y de 0,41€/árbol tratado para el tratamiento SA 1 mM.



*Figura 1.10 Estructura del Ácido Salicílico
Fuente: Imagen del proveedor (Sigma-Aldrich)*

Por todas las razones expuestas, y viendo el precio estimado del compuesto activo en estos tratamientos, la aplicación de elicitores podría ser considerada una poderosa herramienta para potenciar y mantener en el tiempo la calidad de los productos frutícolas, a la vez que para mejorar el rendimiento de los cultivos, a un coste reducido.

2 OBJETIVOS

El albaricoque es un producto de gran valor en España, suponiendo el 8% de las producciones medias de fruta de hueso a nivel nacional, y generando 115,3 millones de euros en exportaciones.

Se trata de un producto delicado en su tratamiento post-cosecha que sufre con facilidad los daños derivados de una mala manipulación, así como una reducción de la producción muy dependiente de condiciones de cultivo tales como la temperatura o el estrés biótico.

El Objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado ha sido aplicar dos compuestos naturales en pre-cosecha, ácido salicílico y ácido oxálico, y analizar sus efectos sobre la producción y la calidad del albaricoque 'Madison' en el momento de la recolección.

Como objetivos parciales se consideran el efecto de dos concentraciones (0,5 y 1 mM) sobre la eficacia en la producción y parámetros de calidad, así como el efecto sobre el almacenamiento post-recolección.



3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material vegetal

Para la realización de este trabajo de fin de grado se utilizaron albaricoques de la variedad "Madison" procedentes de la finca de "Frutas Esther S.L." en Archena (Murcia).



Figura 3.1 Logotipo de Frutas Esther S.L. Fuente: Google pics.

Las condiciones de cultivo fueron las estándar para este tipo de frutal. La finca estaba dotada de un sistema de riego por goteo.

Cuando los frutos alcanzaron la madurez comercial, se llevó a cabo su recolecta seleccionando durante la misma, de forma homogénea y representativa, los frutos en cuanto a forma, peso, tamaño y color. Desechándose los que presentaban fisiopatías, daños mecánicos u otras alteraciones.

Una vez recolectados, los albaricoques fueron transportados a Orihuela (Alicante) donde, en el laboratorio del grupo de Post-recolección perteneciente a la Universidad Miguel Hernández de Elche, se llevaron a cabo las determinaciones analíticas.

3.2 Diseño experimental

El diseño experimental de este trabajo comenzó en el campo con el marcado de los árboles en función del tratamiento al que iban a ser sometidos. De este modo teníamos cinco tipos de árboles (con seis repeticiones de cada tipo): los controles, a los que no se les iba aplicar ningún tratamiento, los marcados con las letras "OA" a los que se les iba a adicionar como tratamiento el ácido oxálico a 0.5 mM y 1 mM, y por último los árboles marcados como SA a los que se les iba adicionar como tratamiento el ácido salicílico a 0.5 mM y a 1 mM.

Se marcaron cinco frutos por árbol, haciendo un total de 30 frutos por tratamiento, para hacer un seguimiento del diámetro que presentaban los frutos a lo largo de su desarrollo en el árbol y tras su recogida, empleando un pie de rey digital.

Los tratamientos se llevaron a cabo en el campo los días 31 de marzo, 20 de abril y 24 de abril de 2017.

Se pesaron los frutos tras su recolección los días 1, 3, 5 y 8 de mayo de 2017 (fechas marcadas por el encargado de la finca).

Se llevaron muestras del día 3 de mayo de 2017 al laboratorio inmediatamente después de ser recolectadas, donde tuvo lugar la selección de las mismas, escogiendo las que no presentaban daños por fricción, picaduras, fisiopatías y demás alteraciones.

El día de la recolección está considerado como el día 0 en el experimento.

Una vez en el laboratorio se procedió a separar los albaricoques en 15 lotes, con 10 albaricoques cada uno para cada tratamiento, los cuales se muestrearon los días 0, 5, 8, 10 y 13 del experimento.



Figura 3.2 Formación de lotes de 10 frutos para las diferentes repeticiones, muestreos y tratamientos Fuente: Foto propia realizada el día 0 del experimento.

Se realizaron tres muestreos por día y tratamiento. Se midieron muestras el mismo día de la recolección de los frutos, y se almacenaron el resto de lotes a 2°C, parte de los cuales se midieron los días 5 y 10 del experimento, mientras que los otros se mantuvieron tres días más a 20°C, simulando las condiciones comerciales que presentarían los albaricoques, y tras eso se realizaron las mediciones correspondientes los días 8 y 13 del experimento.

Las primeras determinaciones que se realizaron fueron las no destructivas, como la determinación del peso, el color, las tasas de respiración, la producción de etileno y la textura. Posteriormente, se realizaron los análisis destructivos para los sólidos solubles y la acidez.

3.3 Determinaciones analíticas

3.3.1 Peso

La determinación del peso se realizó mediante una balanza, marca Mettler modelo PC-4400 con dos cifras decimales de precisión $\pm 0,01$. El peso fue expresado en gramos. Se pesaron los frutos en las fechas de recolección y los lotes de 10 albaricoques tras su recolección.

3.3.2 Tasa de respiración

Los frutos se caracterizan porque tras su cosecha continúan con sus procesos metabólicos entre los cuales se encuentra la respiración y la producción de etileno. Durante la respiración todo tejido vegetal consume O_2 y libera CO_2 . El metabolismo de un fruto está íntimamente ligado a la actividad respiratoria. La medida de la respiración se refiere tanto a la producción de CO_2 como al consumo de O_2 , pero se suele medir la producción de CO_2 por ser más sencillo. La medida de la actividad

respiratoria se puede realizar mediante un sistema estático o cerrado, o mediante un sistema dinámico, de flujo abierto. En este experimento se realizó mediante un sistema estático.

El sistema estático propuesto por Kader (1992), consiste en encerrar la muestra de cuatro albaricoques en un frasco de vidrio provisto de una válvula (septum) de material elastómero situada en la tapadera de cierre hermético, en nuestro experimento estos frascos tenían una capacidad de 0,5 L, y manteníamos los albaricoques en su interior por un periodo de tiempo determinado (30 minutos).



Figura 3.3 Extracción de gases de los frascos de vidrio. Fuente: Foto propia.

El gas producido como consecuencia de la respiración se acumula en el interior del recipiente, y la válvula citada permite la extracción de cinco jeringuillas de 1 mL del contenido gaseoso de cada uno de los botes. Dos jeringuillas se destinaron para la determinación de CO_2 y otras dos para la determinación de etileno, quedando una más sin utilizar por si acaso hacía falta repetir alguna de las determinaciones.



Figura 3.4 Cromatógrafo Shimadzu GC-14B Fuente: Foto del laboratorio.

El CO₂ producido se cuantificó mediante cromatografía de gases, empleando para ello un cromatógrafo Shimadzu GC-14B, con las siguientes condiciones de trabajo:

- Temperatura de horno: 50°C.
- Temperatura del inyector: 115°C.
- Temperatura del detector: 150°C.
- Flujo de gas portador (Helio): 16 mL/min.
- Tipo de calibración: patrón externo (aire atmosférico).
- Tiempo de retención del CO₂: entre 1,4 y 1,6 minutos.
- Tiempo de retención de O₂: 2,86 minutos.
- Detector de conductividad térmica (TCD).
- Separación y determinación del CO₂: columna CHROMOSORB 102 80/100 de 2m · 1/8".
- Temperatura máxima: 400°C.

Finalmente, la tasa de respiración se calculó mediante la fórmula que se muestra a continuación, conociendo el peso de los frutos, el volumen de los recipientes y la concentración de CO₂, después de un determinado tiempo (30 minutos).

$$\frac{Mg\ CO_2}{Kg \cdot h} = \frac{(V\ tarro - V\ fruta) \cdot 0,687 \cdot A \cdot T}{A\ patrón \cdot P \cdot T}$$

Siendo:

- V tarro: Volumen del recipiente (mL).
- V fruta: Volumen de la muestra (mL).
- A: Área obtenida en el cromatógrafo.
- T: Tiempo que ha permanecido cerrado el recipiente (minutos).

3.3.3 Producción de etileno

Para la determinación de etileno, se utilizaron 2 jeringuillas, las cuales se inyectaron en un cromatógrafo de gases Shimadzu modelo GC-2010 que disponía de un detector de ionización de llama (FID), una columna de acero inoxidable de 3 metros de longitud y un diámetro de 2 mm, rellena de alúmina de 60/80 mesh; con las siguientes condiciones de trabajo:

- Flujo del gas portador (He): 50 mL/min.
- Flujo de H₂: 40 mL/min.

- Flujo de aire: 400 mL/min.
- Temperatura del inyector: 100°C.
- Temperatura del detector: 150°C.
- Temperatura de la columna: 100°C.



Figura 3.5 Cromatógrafo de gases Shimadzu. Fuente: Foto del laboratorio.

El cromatógrafo estaba conectado a un ordenador personal con un programa informático que registra los cromatogramas y los integra (cuantifica). El etileno se identificó por su tiempo de retención en la columna, comparando este con una cromatografía estándar.

La emisión de etileno puede calcularse mediante la fórmula que se muestra a continuación, conociendo el peso de los frutos, el volumen del recipiente y el tiempo que ha estado cerrado.

$$\frac{nL C_2H_4}{g \cdot h} = \frac{(V - P) \cdot (600 \cdot A_{C_2H_4})}{A_{patrón} \cdot P \cdot T}$$

Siendo:

- V: Volumen del recipiente (mL).
- P: peso de la muestra (gramos).
- A: Área obtenida en el cromatógrafo.
- A patrón: Área correspondiente a 10 ppm.
- T: Tiempo que ha permanecido cerrado el recipiente (minutos).

3.3.4 Color

Se determinó el color mediante un colorímetro Minolta (CRC200, Minolta Camera Co., Japan), Los resultados se expresaron de acuerdo a las coordenadas L^* (luminosidad), a^* (rojo-verde), b^* (azul-amarillo), C^* (Croma, $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$) y h° (tono, $h^\circ = \arctg(b^*/a^*)$) (Minolta, 1994). Se realizaron medidas de color para cada fruto en tres puntos equidistantes de la zona ecuatorial de cada albaricoque.

Este es el sistema de medida más ampliamente conocido, ya que pretende acercarse más a la percepción humana del color. Aporta un triplete de coordenadas que permite situarse colorimétricamente en un lugar del espacio. Estas coordenadas están correlacionadas con tres conceptos básicos que se pueden distinguir en toda precisión del color, los denominados: luminosidad y cromaticidad (tono y croma).

La luminosidad es L^* ($L=0$: negro; $L=100$: blanco). La cromaticidad (tono y croma) es indicado por a^* y b^* conjuntamente; a^* representa el eje que va desde colores verdes (-a) hasta colores rojos (+a) y b^* representa el eje que evoluciona desde azul (-b) hasta colores amarillos (+b). Cada color viene dado por tres valores de estas coordenadas, que representan un punto en el espacio tridimensional (Minolta, 1994).

Por último, con las tres medidas de color de cada lote, se calculó la media y el error estándar obtenido de esta manera el valor medio del color de los frutos en cada momento.

3.3.5 Firmeza

Un factor adicional de aceptación por el consumidor, que está ligado a la evolución de la maduración, es la firmeza o consistencia de los frutos, que es percibida por el tacto entre los dedos y durante la masticación.

La medida de la firmeza de los frutos se ha realizado con la ayuda de un texturómetro TA-XT2i® (TextureAnalyzer, Stable Microsystems, Godalming, UK) que es válido para realizar ensayos de tracción, compresión y flexión, con una fuerza máxima de ensayo de 25 KN y una precisión de medida de 0,5-1%.



Figura 3.6 Texturómetro TA-XT2i. Fuente: Foto propia del laboratorio.

Con esta prueba se pretende deformar el fruto un **2%** respecto a su diámetro ecuatorial; utilizándose como accesorio para dicha compresión, un disco plano de acero que descendía a una velocidad de 20 mm min⁻¹.

Los resultados se expresaron como la relación existente entre la fuerza necesaria para conseguir la deformación del 10% y la distancia de dicha deformación (N*mm⁻¹).

3.3.6 Sólidos solubles y Acidez

Los sólidos solubles están relacionados con el contenido en azúcares y por tanto con el estado de madurez. Para su determinación se utilizó la técnica de refractometría sobre el zumo filtrado extraído de las mitades de los 10 frutos.

Esta técnica está basada en la diferencia existente entre los índices de refracción del agua destilada y un medio con una concentración determinada de sustancias disueltas. Mediante este método no se 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.

Para llevar a cabo esta determinación primero se obtuvo el zumo. Para ello se cortaron por la zona ecuatorial los 10 frutos que contenían cada lote, quedándonos únicamente con las mitades que no contenían hueso, estas mitades sin hueso se dividieron en dos grupos de quince mitades cada uno, con el fin de obtener dos medidas de sólidos solubles y se envolvieron cada grupo en una tela de algodón, para exprimir las con la ayuda de un mortero.

La medida de sólidos solubles se obtuvo colocando unas gotas de zumo en un refractómetro Abbe-2WAJ (Atago Co. Ltd., Tokio, Japón), con una sensibilidad $\pm 0,2$ °Brix. Este aparato se calibra con agua destilada. Los resultados se expresan en °Brix.



Figura 3.7 Refractómetro Abbe-2WAJ (Atago Co. Ltd., Tokio, Japón). Fuente: Foto propia del laboratorio.

Los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en el color, sabor y estabilidad de los mismos. Los valores de ácido pueden ser muy variables. En la mayoría de frutas las cantidades de ácidos orgánicos disminuyen durante y después de la maduración.

La acidez titulable se determinó por valoración potenciométrica mediante un pH-metro Metrohm 760 Sample Changer, de sensibilidad $\pm 0,01$ complementado con una impresora modelo DP40-24N, Se valoró con hidróxido sódico a 0,1 N hasta alcanzar un ph de 8,1 (AOAC, 1990). El análisis se realizó en un 1 mL de zumo exprimido y se disolvió en 25 mL de agua destilada. Los resultados se expresaron en gramos del ácido mayoritario/ 100 gramos de muestra (en el albaricoque el ácido mayoritario es el ácido málico). Las medidas se analizaron por duplicado en cada submuestra, siendo los resultados la media \pm E.S.



Figura 3.7 pH-metro Metrohm 760 Sample. Fuente: Foto del laboratorio.

$$\text{gramos ácido málico/100 gramos de muestra} = 6,4 \cdot V_1 \cdot f \cdot N/P$$

Siendo:

- N: Normalidad del hidróxido sódico.
- V_1 : Volumen de hidróxido de sodio 0,1 N utilizado en la valoración.
- f: Factor del hidróxido de sodio.
- P: Peso de la muestra tomada en gramos.

3.4 Tratamiento estadístico de los datos.

El análisis estadístico se llevó a cabo usando el software SPSS 21.0 para Windows (SPSS Science, Chicago, IL, USA). Todos los datos se sometieron a un análisis estadístico básico a través de un análisis de la varianza (ANOVA) para la comparación de medias usando el test Fisher's de Mínimas Diferencias Significativas (LSD al 95.0% de nivel de confianza).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS DE TRATAMIENTOS EN CAMPO CON LOS ELICITORES

4.1 Efecto de los elicitores sobre el diámetro del fruto

Los resultados en cuanto al tamaño del fruto se presentan en la Figura 4.1. Se puede observar que el crecimiento de los albaricoques sigue una curva de doble sigmoide, la cual es característica de los frutos de hueso (Valero y Serrano, 2010), y que se caracteriza por dos fases de crecimiento exponencial tras una fase de crecimiento lento y que coincide con el endurecimiento del hueso. La aplicación de ácido oxálico (OA) a 0,5 y 1 mM o ácido salicílico (SA) a 0,5 y 1 mM no influyó de forma significativa en el tamaño del fruto en la recolección comercial, si bien el tratamiento con SA a 1 mM derivó en frutos ligeramente superiores.

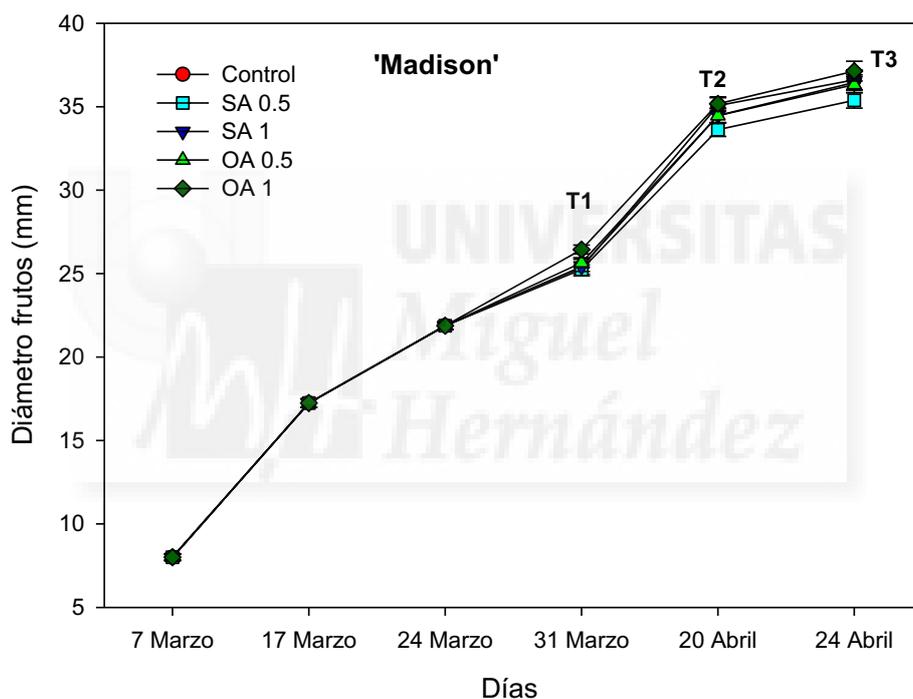


Figura 4.1 Diámetro de los albaricoques según el elicitor empleado. T1, T2 y T3 representan las fechas de aplicación.

4.2 Efecto de los elicitores sobre la producción

Una vez los albaricoques alcanzaron el tamaño deseado, y siguiendo las indicaciones del técnico de la finca, se procedió a la recolección de los frutos. Dicha recolección fue escalonada a lo largo de los días 1, 3, 5 y 8 de mayo. Cada día de muestreo se pesaron y se contaron los frutos, y los resultados en cuanto a producción se presentan en la Figura 4.2.

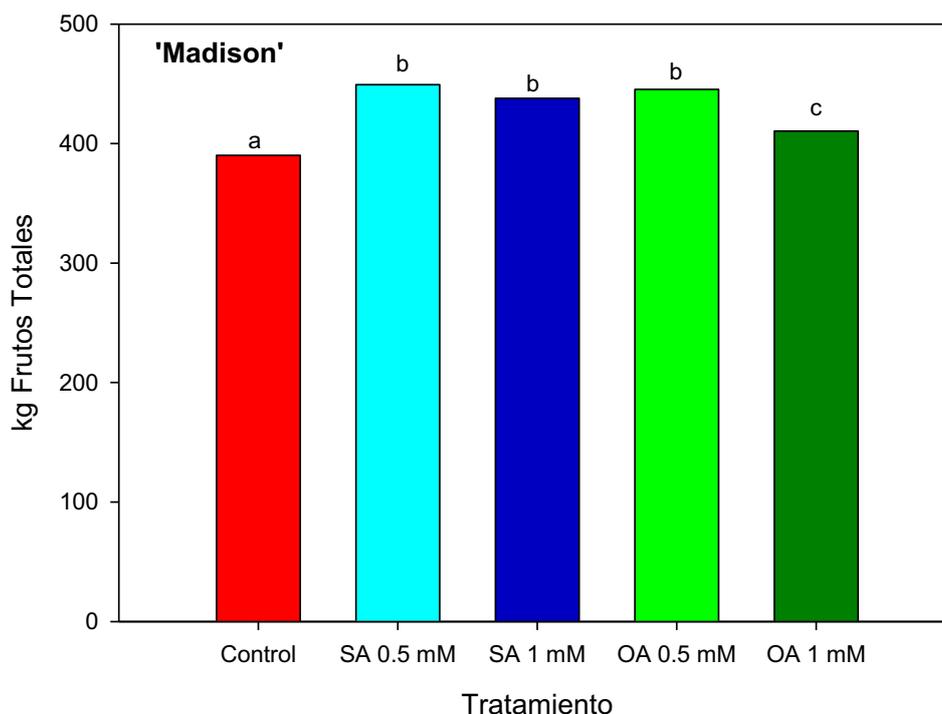


Figura 4.2 Producción de los albaricoques según el elicitador empleado en la recolección comercial.

Como se puede observar, la producción de los árboles control fue de 390 kg, siendo significativamente inferior a los tratados con SA a 0,5 y 1 mM, y con OA a 0,5 y 1 mM, los cuales presentaron una mayor producción (446kg, 437kg, 443kg y 410kg respectivamente), siendo los árboles tratados con SA 0,5 mM los de mayor productividad. Tanto SA y OA como tratamientos pre-recolección no han sido utilizados previamente en albaricoque, por lo que no existen publicaciones con las que poder comparar los resultados obtenidos. Sin embargo, la efectividad de estos elicitores ha quedado probada en cereza, ciruela y alcachofa (Martínez-Esplá et al., 2014; Giménez et al., 2016).

4.3 Efecto de los elicitores sobre el número de frutos

En lo que respecta al número de frutos, los resultados se presentan en la Figura 4.3, y se pudo observar cómo los tratamientos fueron también eficaces en incrementar el número de frutos con respecto a los árboles control, de los cuales se recolectaron 8.975 frutos y los tratados con SA 10.570 y 9.429 para las dosis de 0,5 y 1 mM, respectivamente, y de 10.117 y 9.067 frutos para los tratados con OA a la concentración de 0.5 y 1 mM, respectivamente. Estos resultados están en concordancia con los obtenidos en cereza y alcachofa, los cuales indujeron en mayor número de frutos y receptáculos florales como consecuencia de los tratamientos pre-cosecha con estos mismos elicitores (Martínez-Esplá et al., 2014; Giménez et al., 2016).

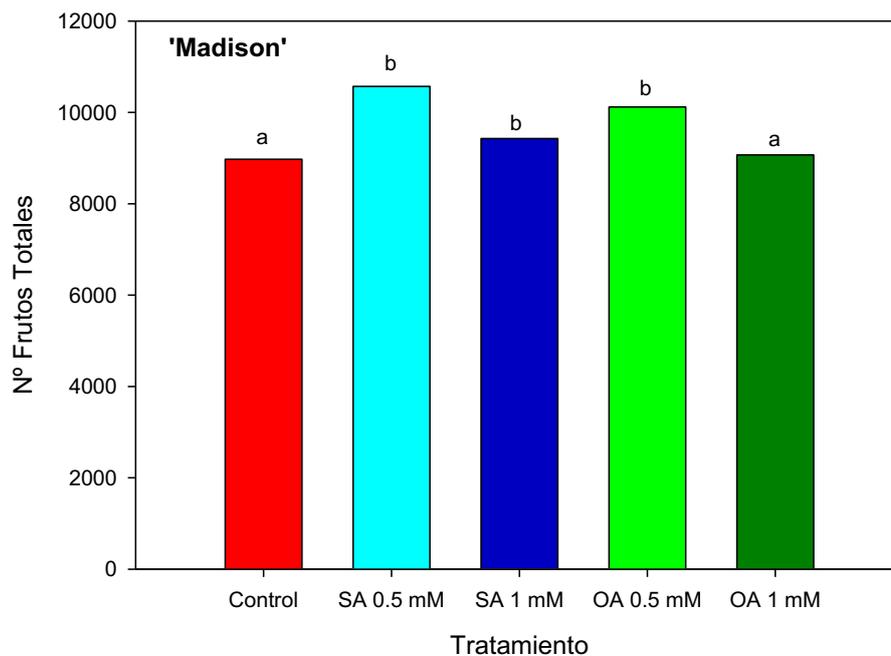


Figura 4.3 Número de los albaricoques recolectados acumulados según el elicitor empleado en la recolección comercial.

4.4 Efecto de los elicitores sobre la producción (kg árbol⁻¹)

La producción de los albaricoques expresada como kg árbol⁻¹ se presenta en la Figura 4.4. Dicha producción se evaluó para cada una de las recolecciones (1, 3, 5 y 8 de mayo). Se puede observar cómo en la primera recolección, los árboles tratados con OA presentaban valores significativamente más bajos (≈ 6 kg árbol⁻¹) con respecto a los árboles control (≈ 12 kg árbol⁻¹). Por el contrario, en la última recolección (8 de mayo), los tratados con AO presentaban valores significativamente mayores de producción (≈ 32 y 24 kg árbol⁻¹, para la dosis de 0,5 y 1 mM, respectivamente) comparados con el control (≈ 21 kg árbol⁻¹). De igual forma, los árboles tratados con SA mostraron valores similares de producción (≈ 32 y 25 kg árbol⁻¹, para la dosis de 0,5 y 1 mM, respectivamente). De estos resultados se puede deducir que los elicitores OA y SA fueron eficaces en retrasar el proceso de maduración en el árbol, ya que fue en la última recolección donde se obtuvieron las mayores producciones.

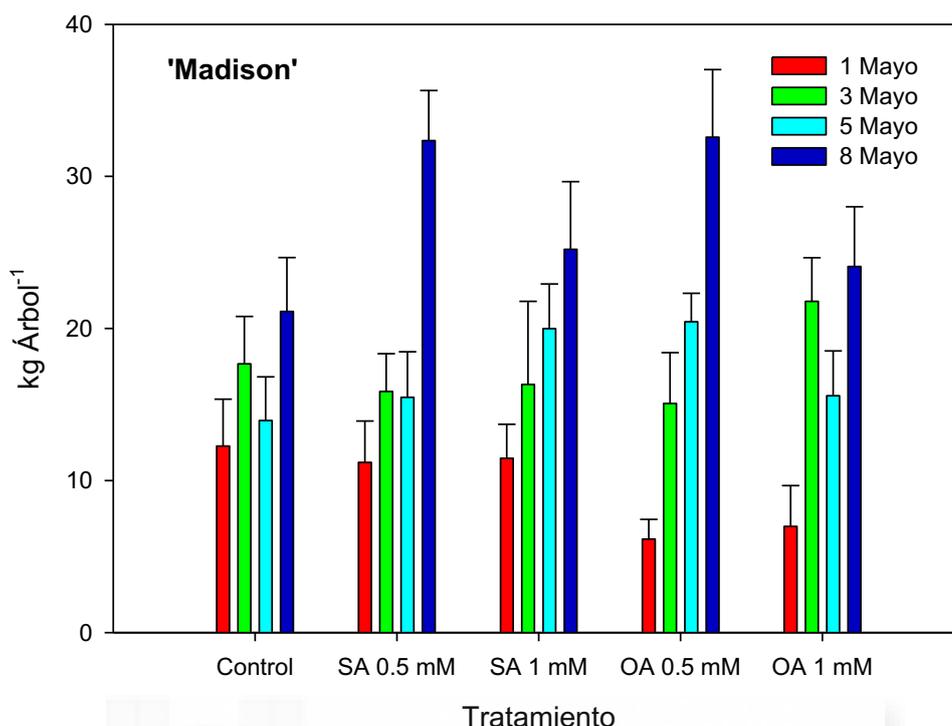


Figura 4.4 Producción de los albaricoques (kg árbol^{-1}) según el elicitador empleado en cada una de las recolecciones.

Este retraso de la maduración ya había sido observado previamente en otros frutos como cereza y ciruela, en los cuales estos mismos elicitores retrasaban el proceso de maduración en el árbol.

4.5 Efecto de los elicitores sobre el calibre de los frutos

El calibre de los albaricoques, expresado en mm, se presenta en la Figura 4.5, el cual se evaluó para cada una de las recolecciones (1, 3, 5 y 8 de mayo). Se puede observar cómo en las primeras recolecciones no existían diferencias significativas entre árboles tratados y control. En la última recolección el tamaño fue ligeramente inferior (tanto en árboles tratados como control) sin existir tampoco diferencias significativas. De forma global se calculó el calibre medio de todas las recolecciones no mostrando diferencias significativas (≈ 40 mm) (Figura 4.6).

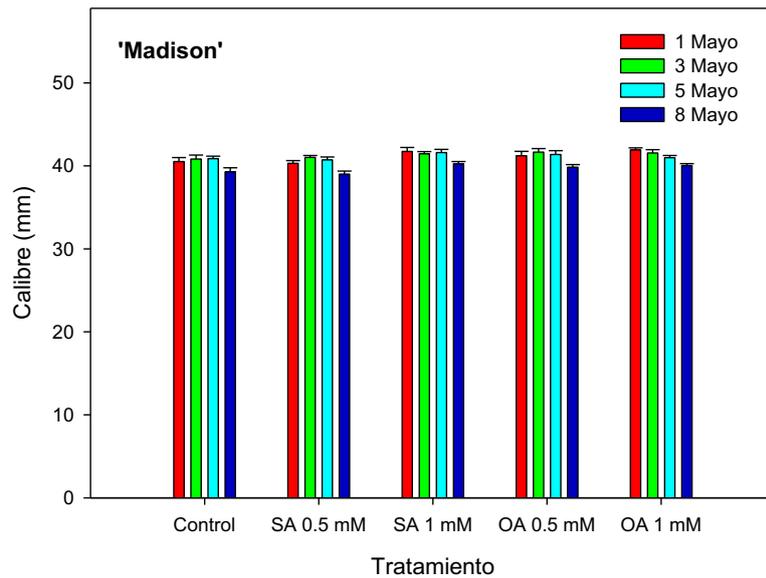


Figura 4.5 Calibrage de los albaricoques según el elicitador empleado en cada una de las recolecciones.

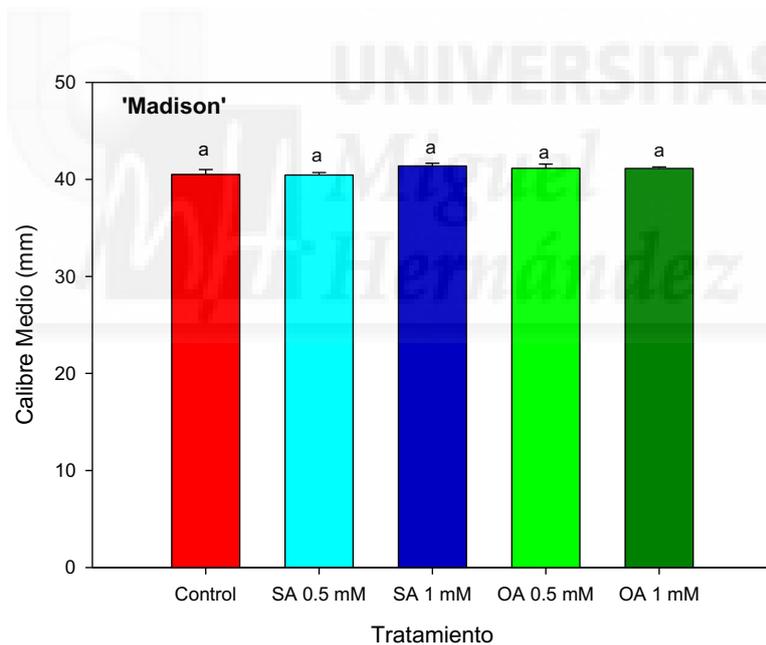


Figura 4.6 Calibrage medio de los albaricoques según el elicitador empleado.

4.6 Efecto de los elicitores sobre el peso de los frutos

El peso de los albaricoques, expresado en gramos, se presenta en la Figura 4.7, dicho peso se evaluó para cada una de las recolecciones (1, 3, 5 y 8 de mayo). Se puede observar cómo en las primeras recolecciones no existían diferencias significativas entre árboles tratados y control. Es interesante destacar que en la primera recolección los tratamientos con OA (0.5 y 1 mM) y AS (1 mM) obtuvieron albaricoques con un peso significativamente superior (≈ 49 g) con respecto a los controles (≈ 45 g). En la última recolección el peso fue ligeramente inferior (tanto en árboles tratados como control)

sin existir tampoco diferencias significativas. De forma global se calculó el peso medio de todas las recolecciones, encontrando diferencias significativas para los elicitores OA y SA a la concentración de 1 mM (≈ 46 g) con respecto al control (≈ 43 g) (Figura 4.8).

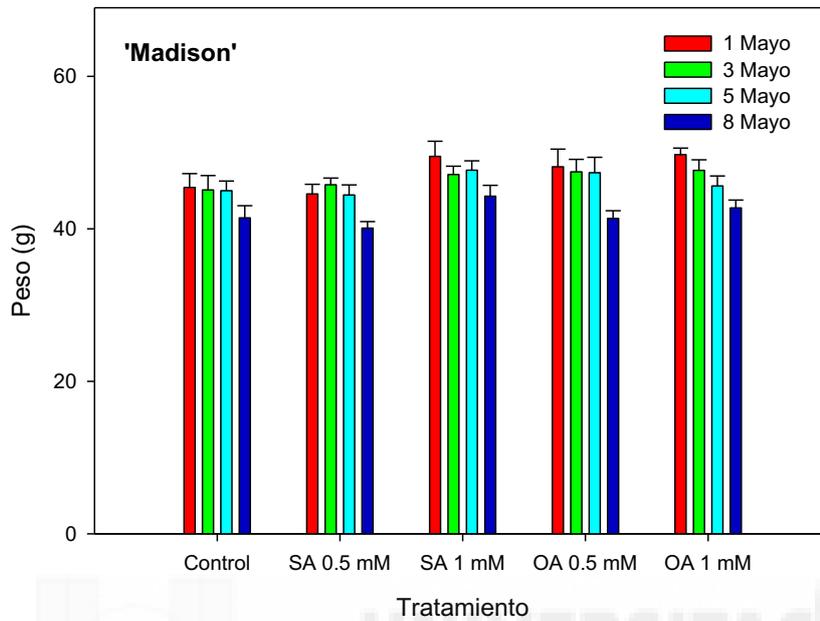


Figura 4.7. Peso de los albaricoques según el elicitor empleado en cada una de las recolecciones.

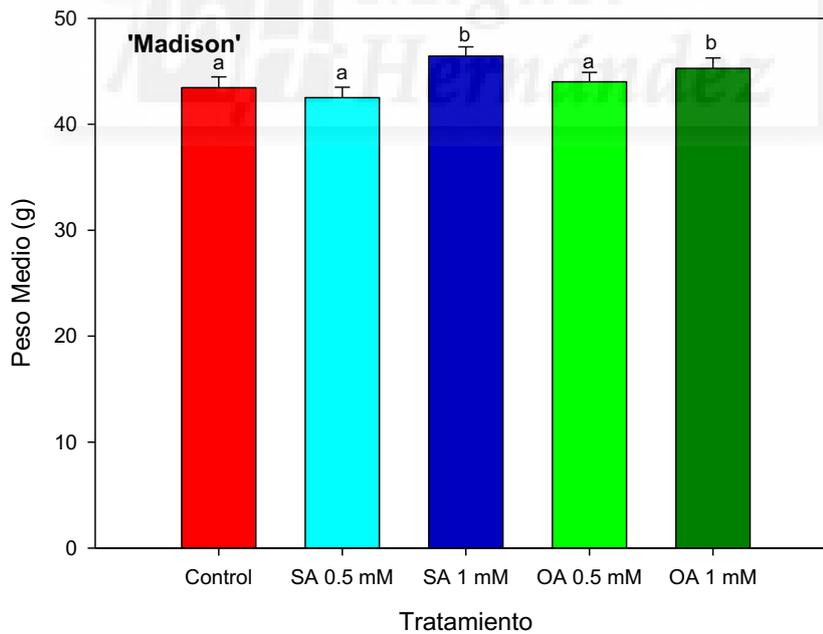


Figura 4.8. Peso medio de los albaricoques según el elicitor empleado.

RESULTADOS DE CONSERVACIÓN DE ALBARICOQUES TRATADOS EN CAMPO CON LOS ELICITORES

En la segunda recolección (3 de mayo) se llevaron al laboratorio albaricoques de todos los tratamientos y se almacenaron durante 10 días en refrigeración. Las muestras se analizaron inmediatamente en frío y tras un periodo de 3 días a 20°C para simular las condiciones de comercialización (shelf-life o vida útil).

4.7 Producción de etileno, tasa de respiración y pérdida de peso

La producción de etileno fue muy baja en frío ($\approx 1\text{-}2 \text{ nL g}^{-1} \text{ h}^{-1}$) e incrementó significativamente cuando los frutos se almacenaron 3 días a 20°C ($\approx 40\text{-}50 \text{ nL g}^{-1} \text{ h}^{-1}$). Solo en aquellos frutos tratados con SA a 0,5 mM se mostró una producción de etileno significativamente menor al final del periodo de almacenamiento (Figura 4.9).

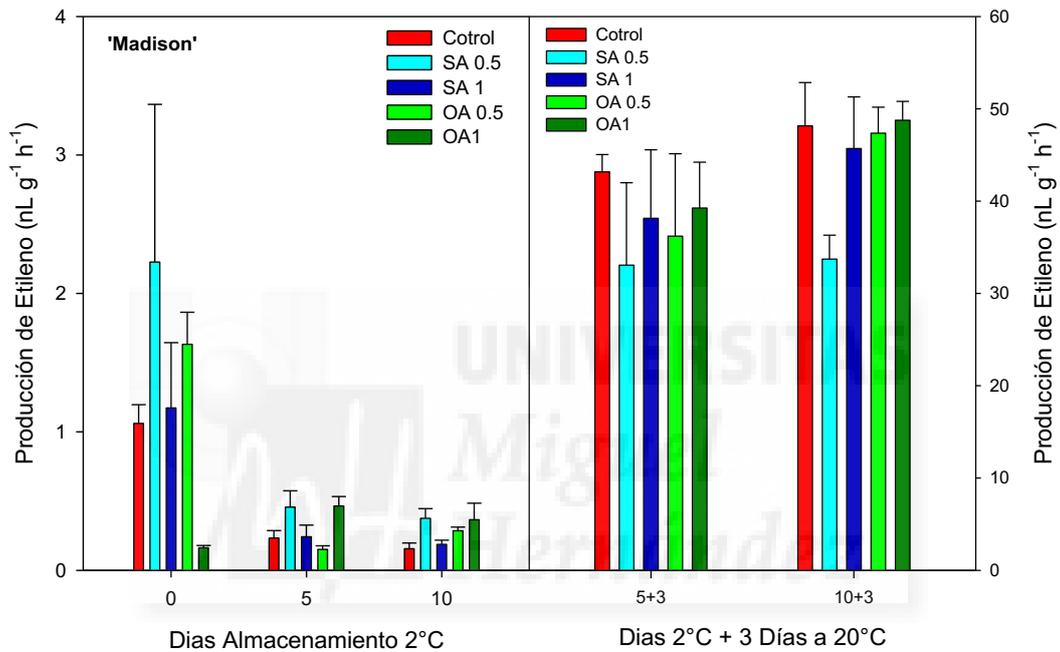


Figura 4.9 Producción de etileno en frío y a 20°C de los albaricoques según el elicitor empleado.

La tasa de respiración fue menor en frío ($\approx 20\text{-}30 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) e incrementó significativamente cuando los frutos se almacenaron 3 días a 20°C ($\approx 50\text{-}60 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) y solo aquellos frutos tratados con OA a 0,5 mM mostraron una tasa de respiración significativamente menor al final del periodo de almacenamiento (Figura 4.10).

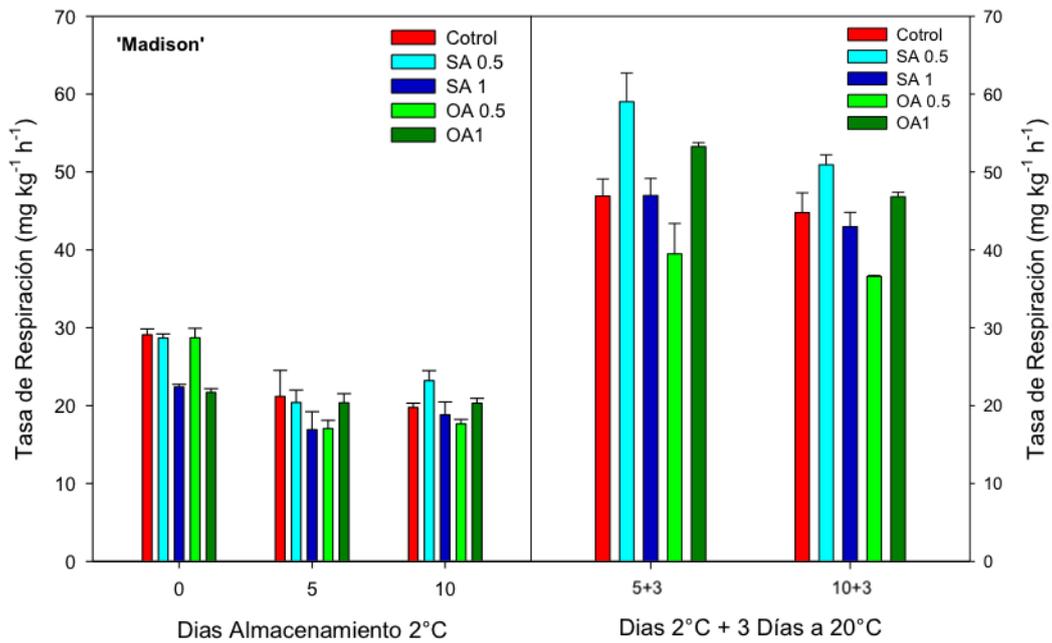


Figura 4.10 Tasa de respiración en frío y a 20°C de los albaricoques según el elicitor empleado.

En lo que respecta a la pérdida peso, ésta incrementó a medida que transcurría el periodo de almacenamiento, siendo mayor a 20 °C que en frío (Figura 4.11).

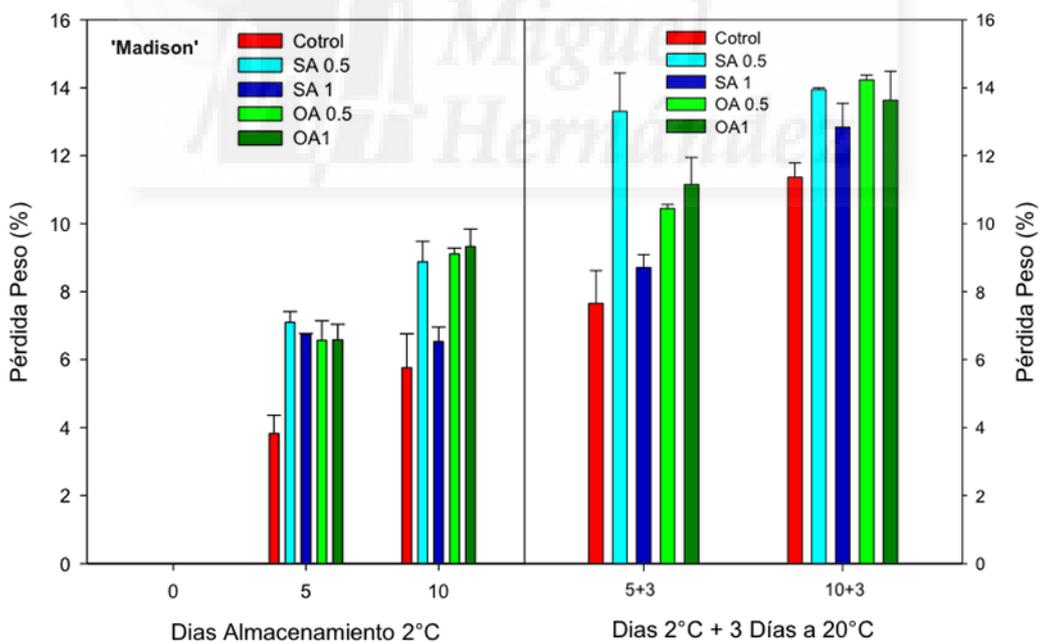


Figura 4.11 Pérdida de peso en frío y a 20°C de los albaricoques según el elicitor empleado.

Todos los tratamientos presentaron unas pérdidas de peso significativamente superiores con respecto a los albaricoques control, y solo el tratamiento con SA a 1 mM mostró unas pérdidas de peso similares.

Estos 3 parámetros fisiológicos son de suma importancia en el almacenamiento de frutos climatéricos, los cuales están controlados por el etileno, la hormona de la maduración. En este sentido los albaricoques a los que se les aplicó el tratamiento en campo con SA a 0,5 mM exhibieron una menor producción de etileno, por lo que estos frutos muestran una menor maduración post-recolección (Valero y Serrano, 2010).

Los frutos tratados con OA a 0,5 mM mostraron la menor tasa de respiración, por lo que estos frutos presentarían un metabolismo menor. No obstante, los resultados en cuanto a las pérdidas de peso no se correlacionan con los resultados anteriores, especialmente con los de la tasa de respiración, ya que todos los frutos tratados presentan una pérdida de peso superior a los frutos control.

4.8 Sólidos solubles totales (SST), acidez total (TA) e índice de madurez (IM)

La determinación de los sólidos solubles totales (SST) presentes en las muestras no mostró la existencia de diferencias significativas en el día de la recolección ni durante el almacenamiento post-recolección entre el control y los diferentes tratamientos (Figura 4.12).

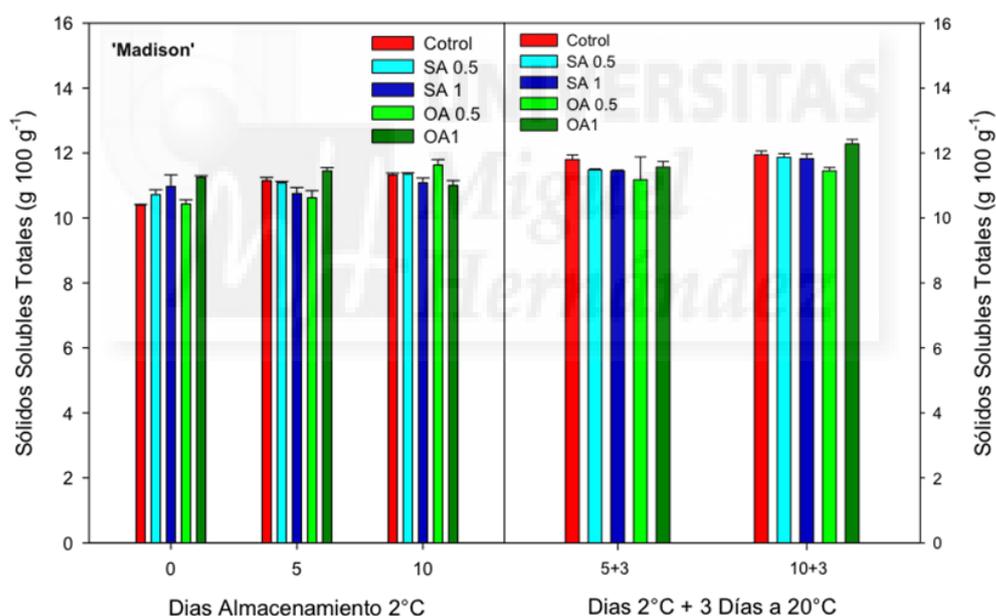


Figura 4.12. Sólidos solubles totales en frío y a 20°C de los albaricoques según el elicitor empleado.

Con respecto a la acidez total, en el momento de la recolección presentó valores mayores que los controles en todos los frutos tratados, los cuales se mantuvieron más altos tanto en frío como a 20°C (Figura 4.13).

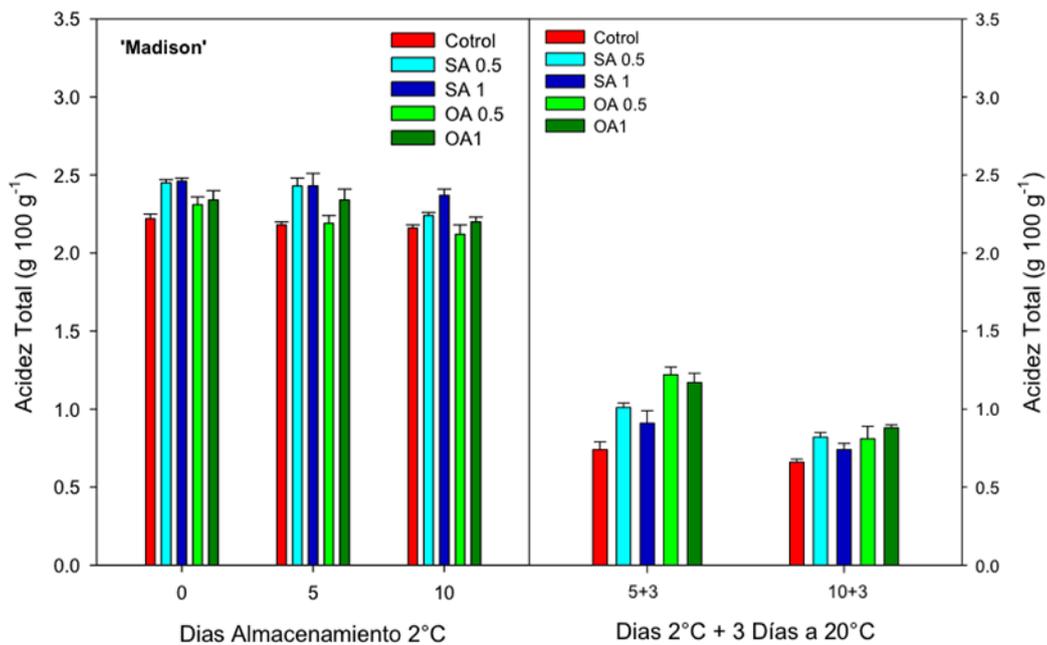


Figura 4.13. Acidez total en frío y a 20°C de los albaricoques según el elicitor empleado.

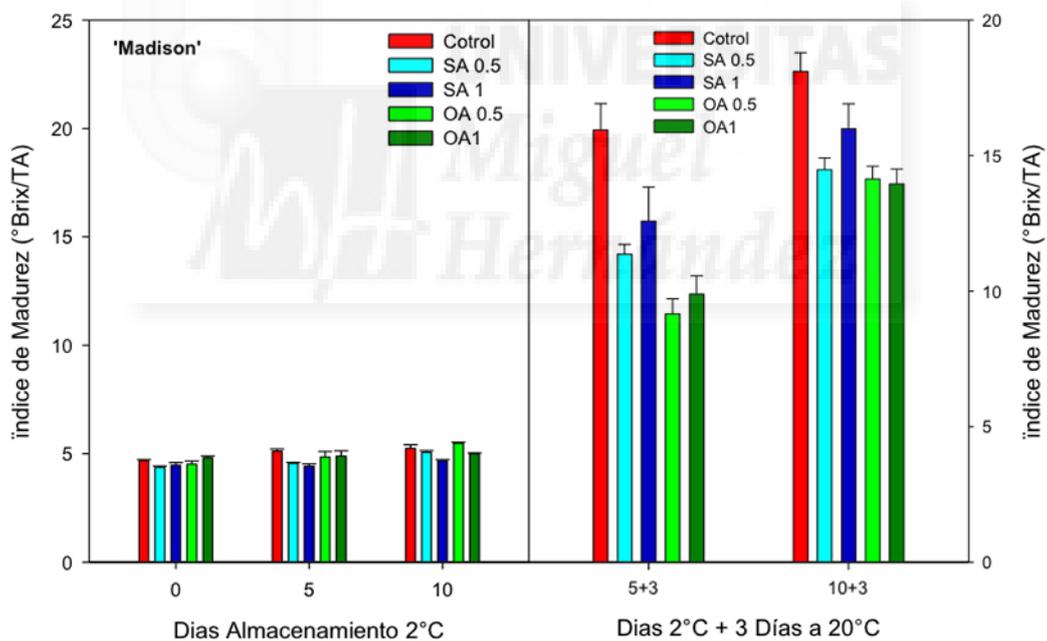


Figura 4.14. Índice de madurez en frío y a 20°C de los albaricoques según el elicitor empleado.

La relación SST/TA o índice de madurez mostró que todos los tratamientos fueron eficaces en mostrar una reducción significativa de este parámetro (Figura 4.14), parámetro que está directamente relacionado con la aceptación de los consumidores.

Durante el almacenamiento post-recolección el contenido de SST se modifica muy poco, y en este sentido ni control ni frutos tratados mostraron diferencias, mientras que la TA fue mayor en los tratados que en los controles, lo que se traduce en un

menor índice de madurez. Estos resultados son muy positivos ya que están directamente relacionados con la vida útil de los albaricoques.

4.9 Firmeza y color

La determinación de la firmeza reveló que en el día de la recolección los frutos tratados presentaban una mayor firmeza que los controles, con la excepción de los albaricoques tratados con OA a 0,5 mM (Figura 4.15).

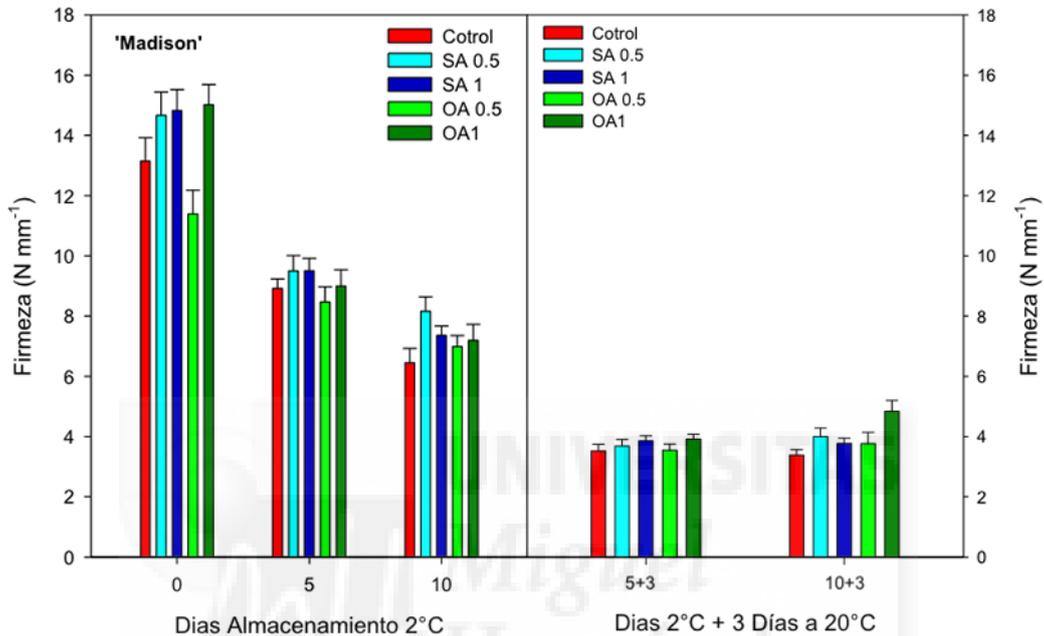


Figura 4.15 Firmeza en frío y a 20°C de los albaricoques según el elicitor empleado.

Durante el almacenamiento se observa un descenso de la firmeza, el cual es más acelerado en los controles, tanto en frío como a 20°C. Al final del almacenamiento los frutos tratados con OA a 1 mM presentaban los mayores niveles de firmeza.

A su vez, se determinaron las coordenadas L*, a* y b*, gracias a las cuales se calculó el ángulo Hue correspondiente (Figura 16), que es el ángulo del tono y que empleamos como medida del color del fruto. Se pudo observar que no existían diferencias significativas ni en el momento de la recolección ni durante el almacenamiento post-recolección.

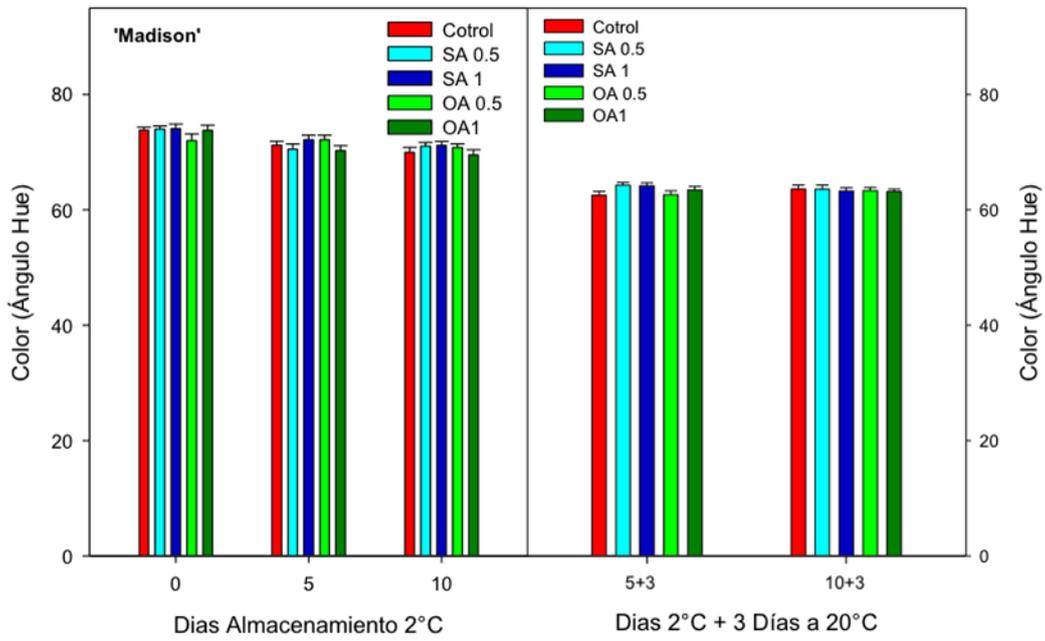
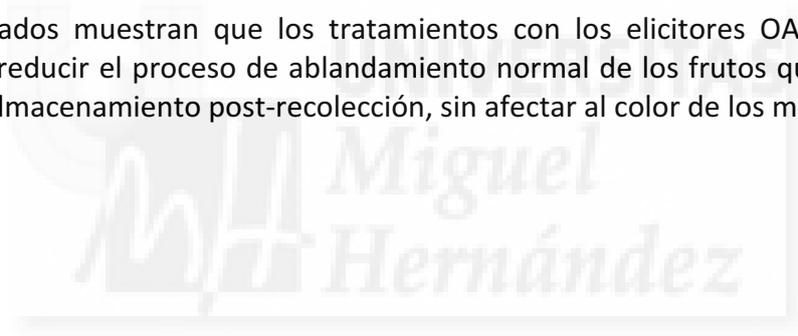


Figura 4.16 Color (ángulo Hue) en frío y a 20°C de los albaricoques según el elicitor empleado.

Estos resultados muestran que los tratamientos con los elicitores OA y SA fueron eficaces en reducir el proceso de ablandamiento normal de los frutos que tiene lugar durante el almacenamiento post-recolección, sin afectar al color de los mismos.



5 CONCLUSIONES

Primera. Los tratamientos con ácido oxálico a dosis de 0.5 y 1 mM mostraron un aumento de la producción de un 13,8 y 5,2 %, respectivamente, con respecto a los controles, derivado de un aumento en el número de frutos.

Segunda. El tratamiento con ácido salicílico a dosis de 0,5 y 1 mM presentó un aumento de la producción de un 14,5 y 12,2% con respecto a los controles, derivado en este caso de un aumento en el peso de los frutos y (en menor medida) de su número.

Tercera. Los tratamientos con ácido oxálico y ácido salicílico a dosis de 1 mM produjeron un incremento del peso medio de los frutos con respecto al control y 0,5 mM.

Cuarta. Los frutos tratados con los elicitores presentaron un menor índice de madurez con respecto a los controles (debido al aumento de la acidez total que presentaron con respecto al control) y una firmeza mayor el día de la recolección de los frutos (a excepción del ácido oxálico 0.5 mM).

Quinta. Los tratamientos con ácido oxálico y ácido salicílico no modificaron los calibres de los albaricoques tratados. Tampoco produjeron mermas en la coloración ni en el contenido de sólidos solubles totales.

Sexta. Durante el almacenamiento post-recolección se observó una menor tasa de producción de etileno provocando un retraso del proceso de maduración post-cosecha, si bien provocaron un aumento de la respiración con respecto al control (aumentando con ello su metabolismo), así como un aumento en las pérdidas de peso de aproximadamente un 2% más con respecto al control.

Séptima. La firmeza en el último día del experimento presentó unos valores similares entre los controles y los frutos tratados a salvedad del ácido oxálico 1 mM que mostró un nivel de firmeza mayor.

Octava. La reducción en el índice de madurez y una mayor firmeza revierten en una mejor aceptación por parte del consumidor, además de ser indicativo de un mayor tiempo de vida útil del producto. Todos los tratamientos presentaron un índice de madurez significativamente menor que el control, y al final del experimento apreciamos que los frutos que fueron tratados con OA mantenían un valor de firmeza significativamente superior al resto de frutos.

Novena. De forma global, los tratamientos con los elicitores ácido oxálico y ácido salicílico pueden considerarse muy positivos tanto para el agricultor (aumento de producción y peso) como para los consumidores (mayor calidad y vida útil).

6 BIBLIOGRAFÍA

- Amorós, A., Serrano, M., Riquelme, F., Romojaro, F. 1989-A. Importancia del etileno en el desarrollo y maduración de albaricoque. *Frutis* 44:171-175.
- Amorós, A., Serrano, M., Riquelme, F., Romojaro, F. 1989-B. Levels of ACC and physical and chemical parameters in peach development. *Journal of Food Science*. 64:673-677.
- Ansari, M.W., Tuteja, N. 2014. Postharvest quality risks by stress/ethylene: management to mitigate. *Protoplasma: an International Journal of Cell Biology*.
- Barman, K., Sharma, S., Kumari, P., Wasim, M. 2016. Postharvest Management Approaches for Maintaining Quality of Fresh Produce. Chapter 4, Salicylic Acid.
- Caliskan, O., Bayazit, S., Sumbul, A. 2012. Fruit Quality and Phytochemical Attributes of Some Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Cultivars as Affected by Genotypes and Seasons. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*.
- Campoy, J.A., Ruiz, D., Egea, J. 2009. Letargo invernal en albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.): análisis de diversos factores que afectan a su evolución. Tesis doctoral, CEBAS-CSIC.
- Chan, Z., Qin, G., Xu, X., Li, B., Tian, S. 2007. Proteome approach to characterize proteins induced by antagonist yeast and salicylic acid in peach fruit. *Journal of Proteome Research* 6(5):1677-88.
- Clarke, S.M., Mur, L.A., Wood, J.E., Scott, I.M. 2004. Salicylic acid dependent signaling promotes basal thermotolerance but is not essential for acquired thermotolerance in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal* 38(3):432-47.
- Couvillon, C.O., Krewer, G. 1991. The peach, the nectarine, and the plum. In: Eskin, N.A.M. (ed.), *Quality and Preservation of Fruits*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. pp. 97-123.
- Crisosto, C.H. 1994. Stone fruit maturity indices: a descriptive review. *Postharvest News and Information* Vol. 5 No. 6, 65N-68N.
- Crisosto, C.H. 1997. Stone fruit ripening protocol for receivers. 97/101, slide set with cassette tape. Division of Agriculture and Natural Resources.
- Crisosto, C.H., Johnson, R.S., DeJong, T., Day, K.R. 1997. Orchard factors affecting postharvest stone fruit quality. *HortScience* 32(5): 820-823.
- Flores, P., Hellín, P., Fenoll, J. 2012. Determination of organic acids in fruits and vegetables by liquid chromatography with tandem-mass spectrometry. *Food Chemistry* 132: 1049–1054.
- Franceschi, V.R., Nakata, P.A. 2005. Calcium oxalate in plants: formation and function. *Annual Review of Plant Biology* 56:41-71.
- Giménez, M.J., Valverde, J.M., Valero, D., Zapata, P.J., Castillo, S., Serrano, M. 2016. Postharvest methyl salicylate treatments delay ripening and maintain quality attributes and antioxidant compounds of “Early Lory” sweet cherry. *Postharvest Biology and Technology* Pages 102-109.
- Glowacz, M., Rees, D. 2015. Using jasmonates and salicylates to reduce losses within the fruit supply chain. *Eur Food Res Technol* 242:143–156.
- Hajilou, J., Fakhimrezaei, S. 2013. Effects of post-harvest calcium chloride or salicylic acid treatments on the shelf-life and quality of apricot fruit. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*.
- Harper, J.R., Balke, N.E. 1981. Characterization of the inhibition of K⁺ absorption in oats

- roots by salicylic acid. *Plant physiol* 68: 1349 – 1353.
- Hosseini, G., Zarei, M., Ebrahim, M., Ardakani, E. 2013. Effects of salicylic acid and putrescine on storability, quality attributes and antioxidant activity of plum cv. 'Santa Rosa'.
- Huang, H., Jing, G., Guo, L., Zhang, D., Yang, B., Duan, X., Ashraf, M., Jiang, Y. 2013. Effect of oxalic acid on ripening attributes of banana fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology*.
- Jin, P., Zhu, H., Wang, L., Shan, T. 2014. Oxalic acid alleviates chilling injury in peach fruit by regulating energy metabolism and fatty acid contents. *Food Chemistry* 161 (2014) 87-93.
- Jyoti Shah. 2003. The salicylic acid loop in plant defense. *Current Opinion in Plant Biology*.
- Kader, A.A. 1985. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. *Horticultural Science* 20:54-57.
- Kader, A.A. 1992. Postharvest biology and technology: an overview. 15-20. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. (A. Kader ed.). University of California. (Publication no. 3311).
- Kant, K., Arora, A., Singh, V.P., Kumar, R. 2012. Effect of exogenous application of salicylic acid and oxalic acid on post harvest shelf-life of tomato (*Solanum lycopersicon* L.). *Indian Journal of Plant Physiology*.
- Kayashima, T., Katayama, T. 2002. Oxalic acid is available as a natural antioxidant in some systems. *Biochimica et Biophysica Acta* 1573(1):1-3.
- Kerbel, E.L., Mitchell, F.G., Kader, A.A. and Mayer, G. 1989. Effect of "Semperfresh" coating on postharvest life, internal atmosphere modifications and quality maintenance of "Ganny Smith" apples. *International controlled atmosphere conference. Fifth Proceedings June 14-16. Wenatchee, Washington, USA*.
- Khan, M.R., Fatma, M., Per, T.S., Anjum, N.A. 2015. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Frontiers in Plants Science* 6: 462.
- Klessig, D.F., Malamy, J. 1994. The salicylic acid signal in plants. *Plant Molecular Biology* 26(5):1439-58.
- Lurie, S., Crisosto, C.H. 2005. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biology and Technology* 37 195–208.
- Martínez-Esplá, A., Zapata, P.J., Valero, D., García-Viguera, C., Castillo, S., Serrano, M. 2014. Preharvest application of oxalic acid increased fruit size, bioactive compounds, and antioxidant capacity in sweet cherry cultivars (*Prunus avium* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62(15):3432-7.
- Mohammadi, H., Pakkish, Z., Saffari, V. 2015. Role of methyl jasmonate and salicylic acid applications on bloom delay, flowering and fruiting of 'Elberta' Peach. *International Journal of Horticultural Science and Technology* Vol.2, No.1.
- Mohsen Kazemi. 2014. Effect of Foliar Application with Salicylic Acid and Methyl Jasmonate on Growth, Flowering, Yield and Fruit Quality of Tomato. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*.
- Morris, K., MacKerness, S.A., Page, T., John, C.F., Murphy, A.M., Carr, J.P., Buchanan-Wollaston, V. 2000. Salicylic acid has a role in regulating gene expression during leaf senescence. *The Plant Journal* 23(5):677-85.
- Razavi, F., Hajiloub, J. 2016. Enhancement of postharvest nutritional quality and antioxidant capacity of peach fruits by preharvest oxalic acid treatment. *Scientia*

- Horticulturae.
- Sams, C.E. 1999. Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest Biology and Technology* 15: 249-254.
- Shewfelt, R., Bruckner, B. 2000. *Fruit and Vegetable Quality: An Integrated View*. CRC Press.
- Soleimani, M., Asghari, M., Khorsandi, O., Mohayjeji, M. 2012. Alleviation of postharvest chilling injury of tomato fruit by salicylic acid treatment. *Journal of Food and Science Technology* 51(10):2815–2820.
- Valero, D., Serrano, M. 2010. *Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality*. CRC Press-Taylor & Francis, Boca Raton. USA.
- Valero, D., Huertas, M.D., Zapata, P.J., Castillo, S., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Serrano, M. 2011. Postharvest Treatments with Salicylic Acid, Acetylsalicylic Acid or Oxalic Acid Delayed Ripening and Enhanced Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity in Sweet Cherry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59 (10).
- Wang, L., Baldwin, E.A., Plotto, A., Luo, W., Raithore, S., Yu, Z., Bai, J. 2015. Effect of methyl salicylate and methyl jasmonate pre-treatment on the volatile profile in tomato fruit subjected to chilling temperature.
- Wu, F., Zhang, D., Zhang, H., Jiang, G., Su, X., Qu, H., Jiang, Y., Duan, X. 2011. Physiological and biochemical response of harvested plum fruit to oxalic acid during ripening or shelf-life. *Food Research International* 44: 1299–1305
- Yang, Z., Cao, S., Zheng, Y., Jiang, Y. 2015. Combined Salicylic Acid and Ultrasound Treatments for Reducing the Chilling Injury on Peach Fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
- Zheng, X., Tian, S., Gidley, M.J., Yue, H., Li, B. 2007. Effects of exogenous oxalic acid on ripening and decay incidence in mango fruit during storage at room temperature. *Postharvest Biology and Technology* 45: 281–284.
- Zheng, X., Tian, S., Meng, X., Li, B. 2007. Physiological and biochemical responses in peach fruit to oxalic acid treatment during storage at room temperature. *Food Chemistry* 104: 156–162
- Zhu, Y., Yu, J., Brecht, J.K., Jiang, T., Zheng, X. 2015. Pre-harvest application of oxalic acid increases quality and resistance to *Penicillium expansum* in kiwifruit during postharvest storage. *Food Chemistry* 190 (2016) 537-543.
- Zoffoli, J.P. 2002. Conservación de la calidad en frutas de clima templado. *Revista Horticultura* 161:1-8.

Páginas web

Web del MAPAMA (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España). <http://www.mapama.gob.es/es/> Consultada el mes de Julio de 2017.

Web de datos estadísticos de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). <http://www.fao.org/faostat/> Consultada el mes de Julio de 2017.

Web de FEPEX (Federación Española de Asociaciones de Productores y Exportadores de Frutas, Hortalizas, Flores y Plantas vivas). <http://www.fepex.es/> Consultada el mes de Julio de 2017.