

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
Máster Universitario en Tecnología y Calidad Agroalimentaria



**EFEECTO DE LOS TRATAMIENTOS CON
SALICILATOS SOBRE LOS COMPUESTOS
BIOACTIVOS EN UVA CRIMSON**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CONVOCATORIA SEPTIEMBRE -- 2018/2019

AUTOR: MONTSERRAT FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

DIRECTOR/ES: MARÍA SERRANO MULA

CO-DIRECTOR/A: MARÍA EMMA GARCÍA PASTOR

MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

VISTO BUENO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2018/2019

Director/es del trabajo
MARÍA SERRANO MULA MARÍA EMMA GARCÍA PASTOR

Dan su visto bueno al Trabajo Fin de Máster

Título del Trabajo
EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS CON SALICILATOS SOBRE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS EN UVA CRIMSON
Alumno
MONTSERRAT FERNÁNDEZ RODRIGUEZ

Orihuela, a 12 de septiembre de 2019



Firma/s tutores trabajo



MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Título: Efecto de los tratamientos con salicilatos sobre los compuestos bioactivos en uva Crimson.

Title: Effect of treatments with salicylates on bioactive compounds in grape Crimson.

Modalidad (proyecto/experimental): Experimental

Type (project/research): Research

Autor/Author: Montserrat Fernández Rodríguez

Director/es/Advisor: María Serrano Mula y María Emma García Pastor

Convocatoria: Septiembre

Month and year: septiembre 2019

Número de referencias bibliográficas/number of references: 32

Número de tablas/Number of tables: 0

Número de figuras/Number of figures: 8

Número de planos/Number of maps: 0

Palabras clave (5 palabras): ácido salicílico, ácido acetilsalicílico, salicilato de metilo, cosecha, uva de mesa.

Key words (5 words): salicylic acid, acetilsalicylic acid, metilsalicylic acid, tablegrape, fruit, harvest, anthocyanins, phenols.

MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

RESUMEN (mínimo 10 líneas):

En la presente investigación, se evaluó el efecto de los tratamientos con ácido salicílico (AS), ácido acetilsalicílico (AAS) y salicilato de metilo (SaMe) aplicados durante el desarrollo de la uva en la parra sobre el proceso de maduración y los parámetros de calidad de la uva de mesa variedad “Crimson” (sólidos solubles totales y firmeza) en la cosecha y durante su conservación. En 2016 se aplicaron las concentraciones de 1.0, 5.0 y 10.0 mM y en 2017 0.01, 0.1 y 1.0 mM. Así, los tratamientos con AS, AAS y SaMe a 5.0 y 10.0 mM retrasaron la maduración de las bayas, así como la producción de las parras. Por el contrario, los tratamientos con 0,01, 0,1 y 1,0 mM adelantaron la maduración y el AS y el AAS a 1,0 mM, además aumentaron la producción total. En cuanto a los parámetros de calidad medidos, los sólidos solubles aumentaron en el almacenamiento de la uva y la firmeza disminuyó, estando por encima las bayas tratadas en comparación con los frutos de las parras control. Además, los tratamientos con los diferentes salicilatos aumentaron el contenido de compuestos antioxidantes, como los fenoles totales donde la mayor concentración se encontraba en el tratamiento con AS 1.0 mM. Las antocianinas totales también aumentaron con los tratamientos con salicilatos, obteniéndose los mayores efectos con AS 0.01 mM y AAS 1,0 mM. La antocianina mayoritaria era la peonidín 3-glucósido seguida de la malvidín 3-glucósido y finalmente la cianidín 3-glucósido, en general, las dos antocianinas mayoritarias aumentaron con los tratamientos con salicilatos. Así pues, se puede concluir que los tratamientos con AS o con AAS a 1,0 mM podrían ser una estrategia útil para adelantar la maduración de la uva de mesa, aumentar la producción total de las parras y la calidad y contenido en compuestos antioxidantes de las uvas, con el consiguiente beneficio para la salud de los consumidores.

Palabras clave: ácido salicílico, ácido acetilsalicílico, salicilato de metilo, cosecha, uva de mesa, fruta, antocianinas, fenoles.

ABSTRACT (10 lines or more):

In the present investigation, an analysis on the effect of the treatments with salicylic acid (SA), acetylsalicylic acid (ASA) and methyl salicylate (MeSa) was made, those applied during the development of grapes in the vine in the process of ripening and the parameters of quality of the “Crimson” variety of tablegrape (total soluble solids and firmness) in the vintage and during the conservation. In 2016, the concentrations of 1.0, 5.0 and 10.0 mM were applied, and in 2017 the applications were 0.01, 0.1 and 1.0 mM. Therefore, treatments with SA, ASA and MeSa at 5.0 and 10.0 mM delayed the maturation of the fruits and the production of the vines. On the contrary, treatments at 0.01, 0.1 and 1.0 mM advanced the maturation, and in addition, SA and ASA at 1.0 mM augmented the total production. Regarding the parameters of quality measured, soluble solids augmented in the storage of the grape, and firmness decreased, being on a higher level the treated fruits than the fruits from the control-vines. Besides, the treatments with the different salicylates augmented the level of antioxidant compounds, as the total phenols, in which the highest concentration was found in the treatment with SA 1.0 mM. The total anthocyanins augmented with the treatments of salicylates too, obtaining the highest effects with AS 0.01 mM and ASA 1.0 mM. The most common anthocyanin was peonidin 3-glycoside, followed by malvidin 3-glycoside and finally cyanidin 3-glycoside; in general terms, the two majority anthocyanins augmented with the treatments with salicylates. Consequently, it may be concluded that the treatments with SA or ASA at 1.0 mM may be a useful strategy to accelerate the maturation of grapes, augment the total production of vines and the quality and content in antioxidant compounds of grapes, with the consequent benefits for the health of the consumers.

Keywords: salicylic acid, acetilsalicylic acid, metilsalicylic acid, tablegrape, fruit, harvest, anthocyanins, phenols.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
2.1 Experimento de campo.....	9
2.2 Experimento de conservación.....	10
2.3 Determinaciones analíticas.....	10
2.3.1 Determinación de la producción total.....	10
2.3.2 Determinación de la firmeza.....	10
2.3.3 Determinación de los Sólidos Solubles Totales.....	10
2.3.4 Determinación de los compuestos fenólicos totales.....	10
2.3.5 Determinación de antocianinas totales.....	11
2.3.6 Determinación de las antocianinas individuales.....	11
2.4 Análisis estadístico.....	11
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
3.1 Efectos de los tratamientos sobre la maduración de la uva y la producción.....	11
3.2 Efectos de los tratamientos sobre los parámetros de calidad en la recolección y durante la conservación.....	15
3.3 Efecto de los tratamientos sobre los fenoles y antocianinas.....	17
3.3.1 Fenoles totales.....	17
3.3.2 Antocianinas totales.....	19
3.4 Concentración de antocianinas individuales.....	20
4. CONCLUSIÓN.....	22
5. BIBLIOGRAFÍA.....	23

1. INTRODUCCIÓN

La uva de mesa (*Vitis vinifera* L.) es un importante cultivo comercial que se distribuye ampliamente en todo el mundo. La calidad de la uva de mesa se compone de la apariencia, y de las características físicas y químicas en el momento de la cosecha, que están influenciadas por diferentes prácticas vitivinícolas, que incluyen la poda de la vid y la carga del cultivo, entre otros, el encofrado (Kok, 2011).

El valor comercial de la uva de mesa depende del tamaño y la forma del racimo, así como del tamaño de la baya, el color, la jugosidad, la proporción de azúcar / acidez y el aroma. El envero es un punto clave en el desarrollo de la baya, en el que comienza la pigmentación de la piel (debido a la síntesis de antocianinas en cultivares rojos), y la síntesis de azúcares y compuestos aromáticos, mientras que el contenido de ácidos y la firmeza disminuyen, al tiempo que las bayas crecen hasta el final de la maduración (García-Pastor et al., 2019). Además, las uvas contienen una variedad de compuestos bioactivos que pueden reducir los riesgos de padecer enfermedades cardiovasculares, diabetes y cáncer en poblaciones que las consumen (García-Pastor et al., 2019).

Antes de hablar de los compuestos bioactivos de la uva de mesa, se debe saber que los bioestimulantes y los reguladores del crecimiento de las plantas se han convertido en una herramienta considerable en la agricultura y la viticultura (Du Jardin 2015) y ambos grupos se utilizan para mejorar el tamaño de la uva y del racimo y también la calidad (kok, 2018). Los bioestimulantes tienen efectos favorables tanto en la calidad como en el rendimiento de la cosecha al estimular el metabolismo de las plantas y la disminución de distintos tipos de estrés (Parrado et al., 2008). También se sabe que mejoran el tamaño, la apariencia y la calidad de la fruta, al tener efectos directos en el crecimiento y desarrollo de la fruta (kok, 2018). Los reguladores del crecimiento de las plantas desempeñan funciones cruciales en la regulación de los procesos fisiológicos, algunos reguladores primarios del crecimiento de las plantas utilizados en la producción mundial de uva de mesa son el ácido giberélico, etefón y ácido abscísico (kok, 2018).

En este sentido, se ha demostrado que los tratamientos con ácido abscísico (ABA) y etefón (un compuesto liberador de etileno) en las distintas etapas del desarrollo aumentan la concentración de la antocianinas en la piel, aunque la mayoría de estos estudios se han realizado con cultivares de uva de vino (Marzouk y Kassem, 2011; Kuhn et al., 2014). Específicamente, en la variedad 'Crimson Seedless', los tratamientos con ABA y sacarosa mejoraron la coloración de la uva de mesa y permitieron una cosecha más temprana (Ferrara et al., 2015; Olivares et al., 2017). Sin embargo, el alto costo del ABA reduce su aplicación práctica y los efectos del etefón en el desarrollo del color son inconsistentes y pueden causar un ablandamiento de la baya. Por lo tanto, se necesita más investigación para descubrir otros compuestos con posibilidades de aplicación comercial.

Durante muchos años se están usando fungicidas sintéticos para controlar el deterioro de la uva durante la conservación, pero los consumidores están cada vez más preocupados por los residuos de fungicidas en los cultivos hortícolas, por lo que se deben buscar alternativas a estos fungicidas químicos (Asghari y Aghdam, 2010). En este sentido, el

ácido salicílico (AS) y sus derivados ácido acetilsalicílico (AAS) y salicilato de metilo (SaMe) se consideran ahora compuestos hormonales con funciones importantes en una amplia gama de procesos fisiológicos de las plantas, como la inducción de resistencia sistémica adquirida y la tolerancia de las plantas frente a diferentes tipos de estrés (Kumar, 2014). Además, se ha demostrado que aumentan la resistencia de las frutas a las enfermedades por lo que reducen su deterioro (Asghari y Aghdam, 2010) y que el uso de los salicilatos reduce los daños por frío, como el “pitting” y decoloración, de esta manera prolongan la vida útil de los productos frescos (Glowacz y Rees, 2016).

Actualmente hay muchos estudios poscosecha con salicilatos, como el realizado con la aplicación de AS en albaricoques, el cual tuvo efectos significativos sobre el contenido de polifenoles, así como en retrasar el progreso de maduración y mantener la calidad poscosecha de los albaricoques (Wang et al., 2015). Así mismo, los tratamientos poscosecha con AAS y SaMe en granada retrasaron los procesos de maduración poscosecha y aumentaron el potencial antioxidante de los arilos, al aumentar o mantener los compuestos bioactivos como los fenoles totales, las antocianinas totales y el ácido ascórbico. Por lo tanto, la aplicación de tratamientos con AAS y SaMe podría considerarse como una herramienta natural para ampliar la comercialización de la granada y la conservación a bajas temperaturas (Sayyari et al., 2011; Sayyari et al., 2011). Sin embargo, en los últimos años se han realizado investigaciones sobre el uso de tratamientos de precosecha con compuestos naturales para aumentar la calidad de la fruta en la cosecha y mantenerla durante el almacenamiento, debido a las preocupaciones de los consumidores y las restricciones legales con respecto a los tratamientos químicos posteriores a la cosecha.

En cuanto a los tratamientos precosecha, de los cuales no hay muchas investigaciones hasta la fecha, en algunos artículos, como el de Martínez-Esplá et al. (2018) el uso de AS, AAS y SaMe como tratamientos previos a la cosecha de ciruelas y cerezas aumentaron los parámetros de calidad de los frutos en el momento de la cosecha, ya que se encontró un mayor peso del fruto, firmeza y concentración de azúcar en los frutos tratados y además las concentraciones de fenoles y antocianinas se encontraban a niveles más altos que en los frutos de los árboles control. Por lo tanto, el tratamiento previo a la cosecha con salicilatos podría ser una herramienta segura, ecológica y nueva para mejorar y mantener los atributos de calidad de la ciruela y la cereza (Martínez-Esplá et al., 2018; Giménez et al., 2014; Valverde et al., 2015).

Por lo que sabemos, los fitoquímicos de la uva son fundamentalmente, ácidos fenólicos, estilbenos, antocianinas y proantocianidinas, todos los cuales son fuertes antioxidantes y parámetros de calidad (Kok, 2018).

Los compuestos fenólicos, están formados por un anillo aromático unido por lo menos a un grupo oxhidrilo. La estructura más sencilla es la del ácido benzóico, pero con otros sustituyentes en el anillo se forman ácidos fenólicos como el caféico, ferúlico, cumárico y cinámico, comunes en los vegetales y en propóleos. Dicha composición les proporciona propiedades bactericidas, fungicidas y antivirales. Además, a algunos

ésteres de ácidos fenólicos se les atribuye propiedades antitumorales. Estos compuestos tienen importantes propiedades antioxidantes, ya que minimizan la peroxidación lipídica y atrapan los radicales libres, contribuyendo de esta manera a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Bedascarrasbure et al., 2004).

Por otro lado, las antocianinas son interesantes por dos razones. La primera por su impacto sobre las características sensoriales de los frutos, las cuales pueden influenciar su apreciación o valoración por los consumidores, y la segunda, por su implicación en la salud humana a través de diferentes vías (Aguilera Ortiz et al., 2011). Las antocianinas son un importante metabolito secundario en la uva y tienen importantes actividades biológicas y bioquímicas, como proporcionan color y actividad antioxidante a las uvas y los vinos. La biosíntesis y la acumulación de antocianinas se ven afectadas por muchos factores, como la variedad, la luz y la humedad (Ju et al., 2019).

Diversos estudios presentan evidencia científica de que los extractos ricos en antocianinas pueden mejorar la agudeza visual, mostrar actividad antioxidante, atrapar radicales libres y actuar como agentes quimioprotectores. Las antocianinas también juegan un papel en las propiedades antidiabéticas, tales como control de lípidos, secreción de insulina y efectos vasoprotectores (Aguilera Ortiz et al., 2011).

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos y las antocianinas tiene interés desde un punto de vista tecnológico y nutricional. Así, estos compuestos intervienen como antioxidantes naturales de los frutos, por lo que la obtención de frutos supone que sean más saludables, y que incluso pueden llegar a englobarse dentro de los alimentos funcionales. Desde un punto de vista nutricional, esta actividad antioxidante se asocia con su papel protector en las enfermedades cardiovasculares y del cáncer, así como en procesos de envejecimiento por lo que está siendo intensamente estudiado mediante ensayos "in vivo" e "in vitro" (Martínez-Valverde et al., 2000).

El principal objetivo de este trabajo es buscar compuestos alternativos a los fungicidas sintéticos que no sean compuestos químicos ni perjudiciales, como las propias hormonas de las plantas, en este caso el uso de los salicilatos con los cuales se desea obtener alimentos con parámetros de calidad igual o mayores que los que se consiguen con estos fungicidas.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Experimento de campo

Este estudio se realizó durante dos temporadas (2016 y 2017) con el cultivar de uva de mesa (*Vitis vinifera* L.) 'Crimson'. Las parras tenían 10 años de edad, sembradas con un marco de plantación de 2,5 x 3 m en un suelo arenoso, en una finca comercial en Calasparra (Murcia, España). Los tratamientos con AS, AAS y SaMe se realizaron mediante la aplicación de pulverización foliar de 1,5 L por parra de AS, AAS y SaMe a concentraciones de 1, 5 y 10 mM en 2016 y a 0,01, 0,1 y 1 mM en 2017. Todos los tratamientos contenían un 0,5% de Tween 20 como surfactante. Los tratamientos se

realizaron por la mañana temprano y durante los días favorables, en los que no se pronosticaron lluvias o vientos para las siguientes 24h. Las parras control se pulverizaron con una solución acuosa de Tween 20 al 0,5% . Los tratamientos de AS, AAS y SaMe se aplicaron tres veces, el primero cuando el volumen de la baya fue de aproximadamente el 40% de su tamaño final, el segundo en la etapa del envero y el tercero 3 días antes de la primera fecha de cosecha. La poda, el aclareo, la fertilización y el riego se llevaron a cabo durante los experimentos de acuerdo con las prácticas culturales estándar para la uva de mesa. Se realizó un diseño de bloques completamente al azar, con tres réplicas de tres parras para cada tratamiento y año.

2.2 Experimento de conservación

El día de la primera recolección se llevó la uva al laboratorio y se hicieron 3 lotes de 3 racimos de aproximadamente 500 g para cada día de muestreo y tratamiento. Cada día de muestreo se tomaron al azar 20 bayas de cada racimo y en ellas se midió la firmeza individualmente y se hicieron dos submuestras con la mitad de cada una de las bayas. En una submuestra se midieron los °Brix y la otra se congeló a -30°C para medir los fenoles y antocianinas.

2.3. Determinaciones analíticas

2.3.1 Determinación de la producción total

Los racimos se recolectaron cuando las bayas alcanzaron el tamaño y el color característicos de este cultivar, de modo que se realizaron cuatro cosechas y se midió la producción de cada parra para cada fecha de cosecha. La producción de cada parra se expresó como producción acumulada (kg parra⁻¹) hasta la última fecha de cosecha (media ± SE de tres réplicas de tres parras).

2.3.2 Determinación de la firmeza

La firmeza se midió mediante el uso de un texturómetro TX-XT2i (Stable Microsystems, Godalming, Reino Unido) determinando la fuerza necesaria para poder producir una deformación del 5% del diámetro de la baya y se expresó como N mm⁻¹.

2.3.3 Determinación de los Sólidos Solubles Totales

Para medir los sólidos solubles totales (SST) las mitades de las bayas de cada muestra se molieron para obtener una muestra homogénea de jugo en la que se determinaron por duplicado los SST con un refractómetro digital Atago PR-101 (Atago Co. Ltd., Tokio, Japón) a 20°C y se expresaron como g 100 g⁻¹ (media ± SE).

2.3.4 Determinación de los compuestos fenólicos totales

Los fenoles totales se extrajeron utilizando 10 g de bayas y 15 ml de agua:metanol (2:8) que contenía FNa 2 mM (para inactivar la actividad de polifenol oxidasa y prevenir la degradación fenólica). Después de la homogenización en mortero se centrifugaron a 10,000 g durante 15min, los fenoles se cuantificaron en el sobrenadante usando el reactivo de Folin-Ciocalteu y los resultados (media \pm SE) se expresaron como mg de ácido gálico equivalentes por 100 g⁻¹ peso fresco.

2.3.5 Determinación de antocianinas totales

En cuanto a la medición de las antocianinas totales también se utilizó el extractante agua:metanol (2:8) que contiene FNa 2 mM añadiendo 1% de HCl, el cual baja el pH y contribuye a la estabilización de las antocianinas. Se midieron a 520 nm de longitud de onda en el espectrofotómetro, haciendo un blanco con agua destilada y se expresaron como mg por 100 g⁻¹ peso fresco.

2.3.6 Determinación de las antocianinas individuales

Para extraer las antocianinas, se trituraron manualmente en un mortero 10 g de bayas congeladas en 15 ml de metanol / ácido fórmico / agua (25: 1: 24, v / v / v) y luego se sonicaron en un baño de ultrasonidos durante 60 min. Después de eso se centrifugaron a 10.000 g durante 15 min. El sobrenadante se filtró a través de un filtro de PVDF de 0,45 μ m (Millex HV13, Millipore, Bedford, MA, EE. UU.) y se usó para la cuantificación de antocianinas individuales mediante análisis de cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC). Los cromatogramas se registraron a 520 nm. Los estándares de antocianina fueron: malvidín 3-glucósido comprado en Sigma-Aldrich, Alemania y cianidín 3-rutinósido y pelargonidín 3-rutinósido comprado de Polyphenols SA (Sandnes, Noruega).

2.4 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con los datos de las determinaciones analíticas para cada año utilizando el paquete de software SPSS v. 12.0 para Windows. Las comparaciones de medias se realizaron utilizando la prueba de HSD Duncan para examinar si las diferencias fueron significativas a una $p < 0.05$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Efectos de los tratamientos sobre la maduración de la uva y la producción.

Los tratamientos con AS a diferentes concentraciones afectaron al rendimiento de las parras de manera diferente dependiendo de la concentración aplicada. Por un lado, el experimento realizado en 2016, en las dos primeras fechas de recolección con las concentraciones de 1,0 y 5,0 mM se obtuvo mayor producción, pero en las dos últimas fechas de recolección todos los tratamientos con AS (1,0 mM, 5,0 mM y 10,0 mM) tuvieron una producción acumulada de la parra más pequeña que las parras control. Por lo tanto, en el experimento realizado en 2016, ninguno de los tratamientos con diferentes concentraciones mejoró la producción de uva, sino que más bien al contrario el tratamiento con AS 10 mM redujo la producción total de las parras, no obstante, es interesante señalar que el AS a 1 mM adelantó la maduración, puesto que en la primera recolección se recolectaron más kg que en las parras control (Fig. 1).

En cuanto a los tratamientos que se realizaron en 2017 con concentraciones de AS de 0,01 mM, 0,1 mM y 1,0 mM todos ellos tuvieron una producción total de uva similar al control, aunque en la primera recolección el tratamiento de AS 1,0 mM tuvo un mayor rendimiento que el control, es decir la uva había madurado más rápido y ese primer día se recolectaron más kg por parra (Fig. 1).

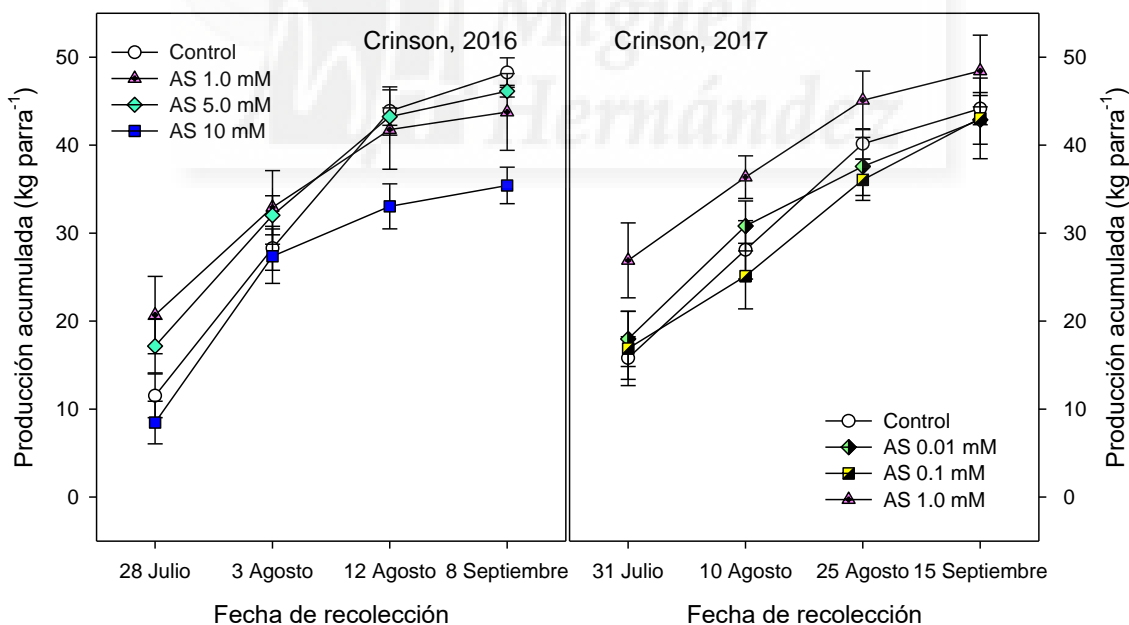


Figura 1. Producción acumulada en las parras control y tratadas con AS en los experimentos de 2016 y 2017. Los datos son la media \pm SE de tres réplicas de tres parras para cada tratamiento.

Un segundo tratamiento en el que se aplicó en las parras AAS, se obtuvieron resultados similares al tratamiento anterior (en el que se utilizó AS), en cuanto a la producción de las parras. En el año 2016 los tratamientos con concentraciones de AAS de 1,0, 5,0 y 10,0 mM disminuyeron la producción acumulada con respecto al control, siendo esta disminución significativa con las concentraciones 5 y 10 mM y proporcional a la dosis aplicada. En el año 2017 con las concentraciones de AAS de 0,01 mM, 0,1 mM y 1,0 mM la producción total de las parras no fue afectada de forma significativa por los tratamientos. Sin embargo, en la primera fecha de recolección se recolectaron más kg por parra en las parras tratadas con AAS 1.0 mM, lo que indica un adelanto de la maduración de las bayas con este tratamiento (Fig. 2).

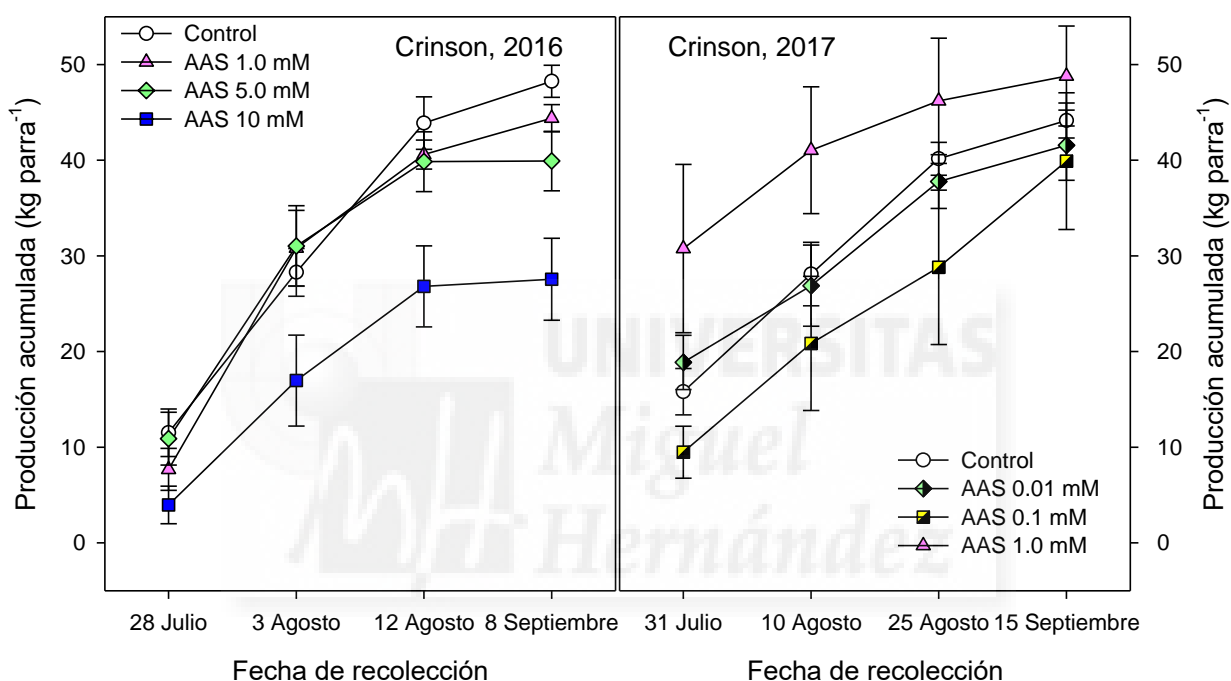


Figura 2. Producción acumulada en el control 'Crimson' y en parras tratadas con AAS en los experimentos de 2016 y 2017. Los datos son la media \pm SE de tres réplicas de tres parras para cada tratamiento.

En vista a los resultados obtenidos en el tratamiento con SaMe a concentraciones de 1,0, 5,0 y 10,0 mM en el año 2016 en la primera recolección para todas las concentraciones hubo una mayor producción por lo que la maduración de la uva fue más temprana, aunque si observamos la producción total del año 2016 en el último punto de recolección se puede decir que las concentraciones 5,0 y 10,0 mM disminuye la producción total y la 1,0 mM la aumenta con respecto al control. Los tratamientos en los que se utilizó SaMe a 0,01, 0,1 y 1,0 mM los cuales se aplicaron en 2017, aumentaron la cantidad de uva recolectada en la primera fecha con respecto control, sin diferencias significativas entre ellos, estas concentraciones hicieron que la maduración de la uva fuese más rápida y se pudiera recolectar más Kg por parra en buen estado de maduración comercial en esa primera fecha (Fig. 3).

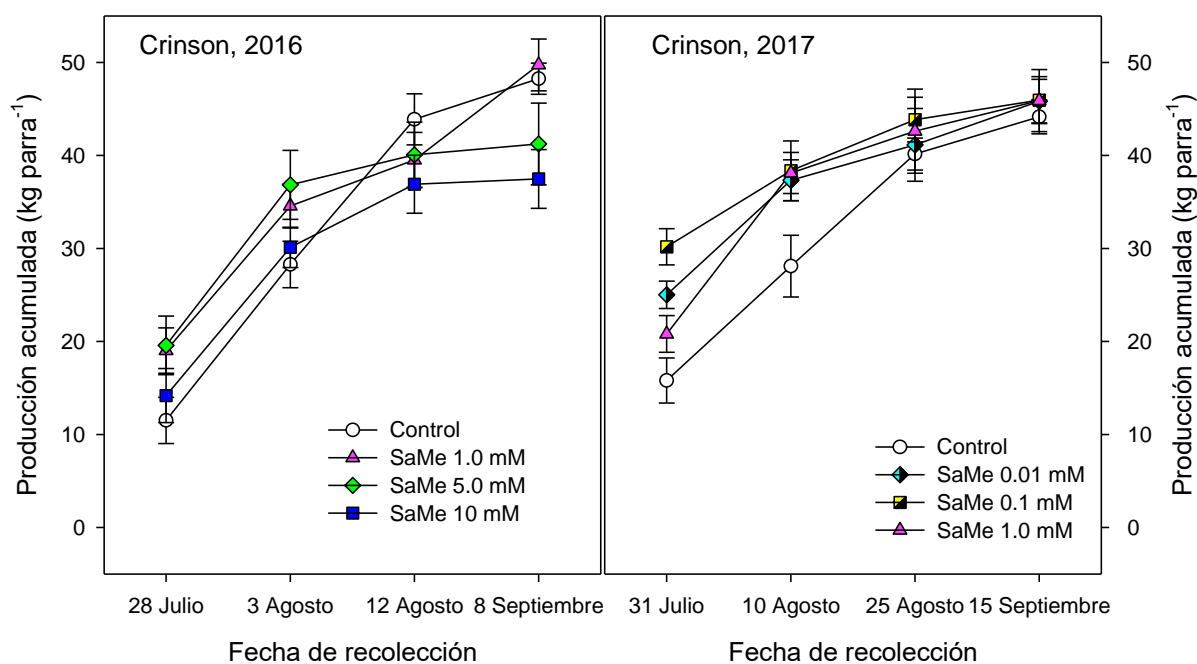


Figura 3. Producción acumulada en el control 'Crimson' y en parras tratadas con SaMe en los experimentos de 2016 y 2017. Los datos son la media \pm SE de tres réplicas de tres parras para cada tratamiento.

El efecto de los diferentes tratamientos con AS, AAS y SaMe en la producción de la uva de mesa fue diferente dependiendo de la concentración aplicada, es decir, en los tratamientos de manera general se vio una inhibición del rendimiento de las parras a 10,0 mM y una aceleración de estas a concentraciones más bajas entre 0,01 y 1,0 mM. El artículo de Champa *et al.* (2015) se utilizaron concentraciones de AS con una dosis de 1,5 y 2,0 mM y se pudo observar que se aceleró la madurez de las uvas de 2 a 5 días antes en comparación al control. Las bayas en ambos tratamientos maduraron temprano y desarrollaron un color más uniforme que el control. Se observó un aumento significativo en el peso del racimo, la longitud, la amplitud y el rendimiento cuando las parras se rociaron con 1,5 o 2,0 mM AS, en comparación con el control. Además, los tratamientos de cerezas dulces con AS o AAS, por pulverización foliar, durante el crecimiento y la maduración de cerezas en el árbol, aumentaron los atributos de peso y calidad de la fruta (como el color y la firmeza) en la cosecha comercial, así como la concentración de fenoles totales y antocianinas, que dieron lugar a frutos con mayor actividad antioxidante, tanto en fracciones hidrófilas como lipófilas (Giménez *et al.*, 2014).

Otro artículo donde se habla de tratamientos con salicilatos en bayas como la ciruela es el de Martínez-Espla *et al.* (2018), en el cual el peso de la fruta de las ciruelas de los árboles tratados con AS, AAS y SaMe fue mayor que el de los controles, encontrándose el efecto principal para el tratamiento con AS, con aumentos del 25%. Este aumento en

el peso de la fruta condujo a un aumento significativo en el rendimiento total (kg por árbol), donde se obtuvo más producción en los árboles tratados que en el control.

3.2 Efectos de los tratamientos sobre los parámetros de calidad en la recolección y durante la conservación.

Algunos parámetros de calidad como los sólidos solubles totales (SST) y la firmeza se analizaron en este estudio, viendo que los SST aumentaban según pasaban los días de almacenaje de la uva de mesa. En el tratamiento con AS la mejor concentración fue la de 0,01 mM con la que más °Brix se obtuvieron, para el tratamiento con AAS no se vieron diferencias significativas en los tres tratamientos y el control, por último, en el tratamiento con SaMe la concentración más favorable fue la de 1,0 mM, aunque después de los 49 días de almacenamiento tuvo los mismos resultados que los frutos no tratados (Fig. 4).

Otro parámetro que también se ha medido es la firmeza de la fruta, durante el almacenamiento la firmeza de la fruta disminuyó en todos los frutos tratados con los distintos tratamientos AS, AAS y SaMe. Aunque, la firmeza disminuyó en todos los frutos tratados, en esta investigación con los diferentes tratamientos se consigue que la firmeza al final del almacenamiento sea mayor que en los frutos control (no tratados) (Fig. 5).

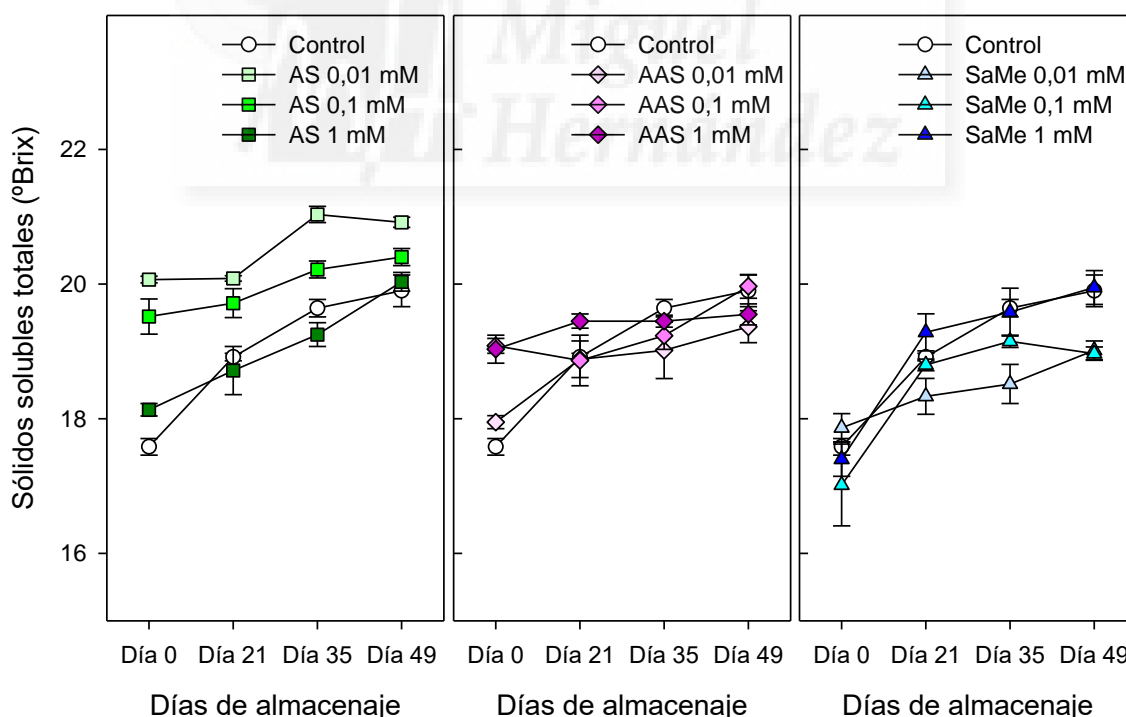


Figura 4. Sólidos solubles totales en la cosecha en el cultivar de uva de mesa Crimson afectados por los tratamientos con ácido salicílico (AS), ácido acetilsalicílico (AAS) y ácido metilsalicílico (SaMe) con diferentes concentraciones cada uno 0.01, 0.1 y 1 mM.

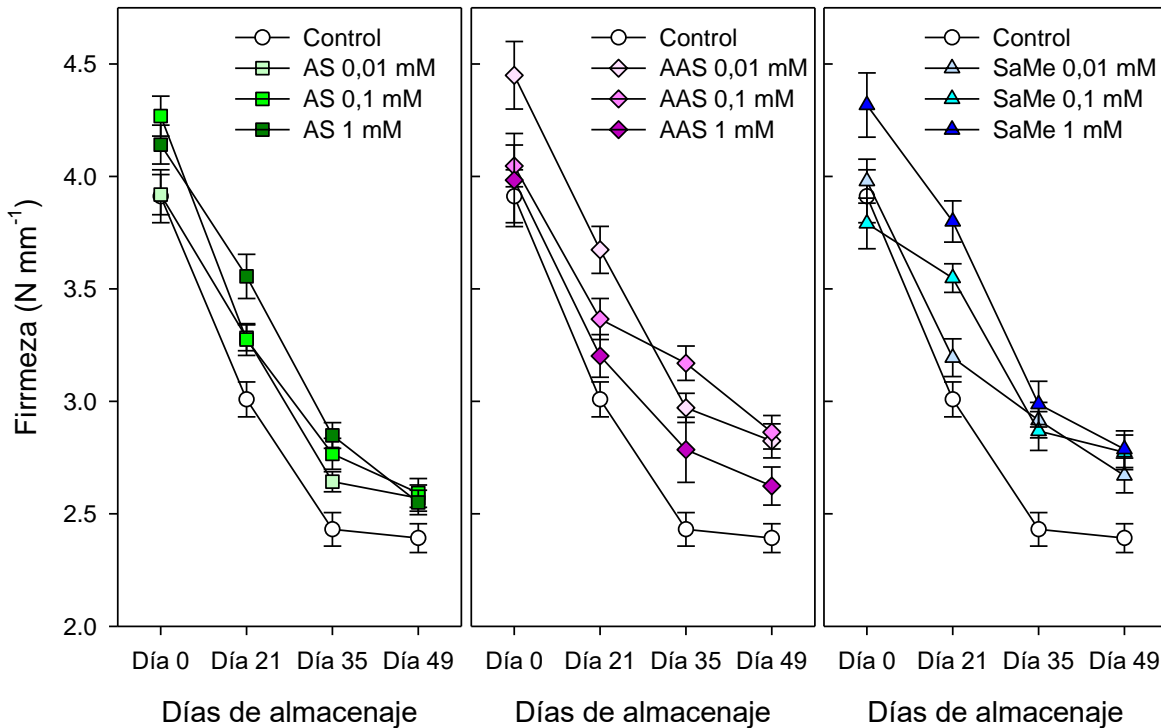


Figura 5. Evolución de la firmeza de la fruta durante el almacenamiento de las uvas de mesa “Crimson” tratadas con ácido salicílico (AS), ácido acetilsalicílico (ASA) y ácido metilsalicílico (SaMe) con diferentes concentraciones cada uno 0.01, 0.1 y 1 mM.

La mayoría de las frutas pierden firmeza, con una aceleración del proceso de maduración, mostrando una pérdida de calidad durante el período de almacenamiento. El efecto del ácido salicílico en la reducción del ablandamiento en frutos climatéricos como la ciruela se ha atribuido a la inhibición de la actividad de ACO (ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico oxidasa), y por lo tanto de la conversión de ACC (1-aminociclopropano-1-carboxílico) a etileno, lo que lleva a una menor degradación de las paredes celulares y a mantener altos niveles de firmeza y estos altos niveles de firmeza llevan a una mayor vida útil (Davarynejad et al., 2013).

También se han encontrado aumentos en los SST durante la maduración en el árbol en una amplia gama de cultivares de cereza, mientras que la firmeza de la fruta disminuye, tanto en el control como en las frutas tratadas con AS o AAS (Giménez et al., 2014). Además, después de 28 días de almacenamiento las cerezas de los árboles tratados con AS y AAS mostraron una firmeza similar o superior a la de las cerezas control en el momento de la cosecha (Giménez et al., 2017). Al igual que en este estudio, en el artículo de Giménez et al., (2014) la firmeza de las cerezas en la cosecha fue generalmente mayor en las frutas tratadas que en las de control para ambos cultivares, aunque no se encontraron diferencias significativas entre las ciruelas tratadas con AS, AAS y SaMe.

3.3 Efecto de los tratamientos sobre los fenoles y antocianinas

3.3.1 Fenoles totales

La uva de mesa se considera una fruta saludable por el contenido en compuestos bioactivos como los compuestos fenólicos que contribuyen a la actividad antioxidante. En consecuencia, los resultados que muestran los estudios realizados sobre la uva de mesa “Crimson” sobre los compuestos fenólicos en la cosecha son los que muestra la figura 6, donde se observa que con el tratamiento de AS 1,0 mM incrementa la cantidad de compuestos fenólicos totales un 1.6 con respecto al control. Para los tratamientos con AAS y SaMe aumentaron los fenoles entre un 1,2-1,3 por encima de las uvas no tratadas a 0,01 mM y 0,01 y 0,1 mM, respectivamente (Fig. 6). Un artículo de Serrano *et al.*, (2018) habla sobre ciruelas tratadas con AS y AAS y los resultados muestran que los tratamientos con AS y AAS llevaron a aumentos en las concentraciones de fenólicos totales y carotenoides totales en la cosecha, así como a un aumento en la actividad antioxidante, sin afectar el proceso de maduración de los frutos en el árbol. Además, estos efectos beneficiosos se mantuvieron a lo largo del almacenamiento, lo que contribuiría a mejorar los efectos beneficiosos para la salud del consumo de ciruela.

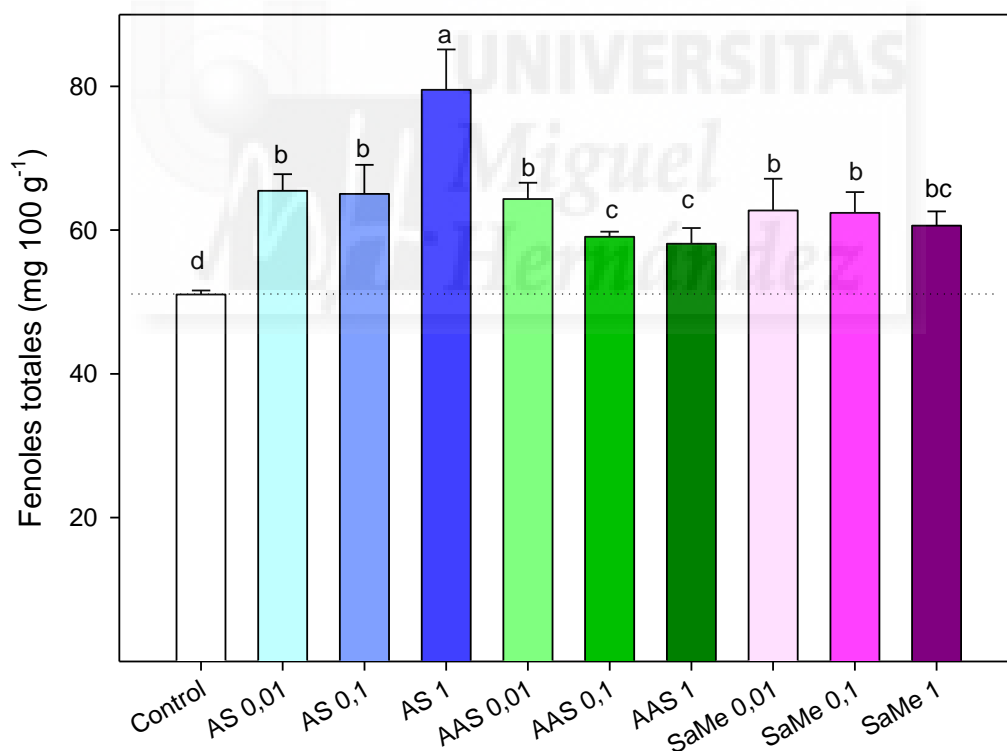


Figura 6. Cuantificación de fenoles totales en la cosecha en las uvas “Crimson” tratadas con AS, AAS y SaMe a concentraciones de 0.01, 0.1 y 1 mM. Los datos son la media \pm SE de 2 réplicas de 10 bayas desde la primera fecha de cosecha para los cultivares y todos los tratamientos.

Ya que no hay muchos artículos que hablen de precosecha y uva de mesa, se ha buscado diferentes estudios con salicilatos y bayas, como en el artículo de Giménez et al., (2014) donde la concentración de fenoles aumentó alcanzando una concentración de 90 mg 100 g⁻¹ en las cerezas control para los cultivares tratados. La aplicación de ambos tratamientos (AAS y AS) condujo a un aumento en el contenido de fenoles totales, observándose el efecto más alto en aquellas frutas tratadas con AAS 1,0 mM. Sin embargo, el mecanismo preciso por el cual los salicilatos aumentan los compuestos fenólicos aún no se ha dilucidado. Una explicación podría atribuirse al papel del AS como una molécula señal que induce la biosíntesis de compuestos de defensa, como los fenoles. Además, se ha demostrado que el AS estimula la actividad de la fenilalanina amonio liasa (PAL), que podría ser responsable de la síntesis de *nov*o de compuestos fenólicos. Además, el AS y AAS aplicados como tratamientos poscosecha llevaron a niveles más altos de compuestos bioactivos y actividad antioxidante en comparación con los controles en cereza (Valero et al., 2011), granada (Sayyari et al., 2011) y ciruela (Davarynejad et al., 2013), lo que podría atribuirse a un aumento de la concentración endógena de AS y AAS en estas frutas.

La aplicación de tratamientos de precosecha con AS (0,5 mmol L⁻¹) o AAS (1 mmol L⁻¹) a diferentes cultivares de cereza ('Sweet Heart', 'Sweet Late' y 'Lapins') condujo a aumentos significativos en los fenoles totales en comparación con los frutos control en el momento de la cosecha. Este aumento en la concentración fenólica también se midió durante los primeros días de almacenamiento de cerezas, lo que previamente ya se sabía por otros estudios de diferentes cultivares de cerezas, donde se relaciona con el proceso de maduración en curso después de la cosecha. Sin embargo, en las cerezas tratadas con AS y AAS, la concentración fenólica total aumentó hasta el final del tiempo de almacenamiento analizado, observándose el efecto más alto con el tratamiento con AAS en los tres cultivares de cereza dulce (Giménez et al., 2017).

En otro de los artículos revisados se trató la manzana con AS a unas concentraciones de 0,5 y 1,0 mM con las cuales se obtuvo una mejoría en cuanto al contenido de fenoles totales, en la concentración 0,5 mM fue significativamente mayor la cantidad de fenoles totales. El uso exógeno de AS puede inducir la acumulación de compuestos fenólicos debido al aumento de la expresión de genes biosintéticos de flavonoides, ya que la aplicación exógena de AS, ha mejorado la concentración de flavonoides en una gran variedad de frutas (Supapvanich et al., 2018).

Uno de los artículos actuales de Lo'ay et al., (2019), habla sobre un tratamiento de recubrimiento de quitosano/alcohol polivinílico (CS/PVS) mezclado con ácido salicílico a diferentes concentraciones (0,1 y 2,0 mM) en uva Thompson. Los resultados obtenidos demostraron que la presencia de SA con biopolímeros CS/PVA a 2,0 mM incrementaba las actividades de las enzimas antioxidantes ascorbato peroxidasa (APX), catalasa (CAT), superóxido dismutasa (SOD) y peroxidasa (POD). Obviamente, los racimos fueron recubiertos por CS/PVA-SA el tratamiento 2,0 mM el cual mejoró las actividades antioxidantes. Por lo tanto, la presencia de la mezcla de AS con el tratamiento de recubrimiento CS/PVA a 2,0 mM podría contribuir a reducir las especies reactivas de oxígeno durante todo el período de almacenamiento. Consecuentemente,

AS se considera un producto químico comercial que puede ser útil para reducir el estrés causado por el almacenaje a baja temperatura que ocurre en una amplia gama de frutos

3.3.2 Antocianinas totales

Las uvas de mesa son ricas en compuestos bioactivos como se ha comentado anteriormente, como son los compuestos fenólicos que incluyen las antocianinas. Como ya se sabe, estos compuestos tienen efectos beneficiosos para la salud por sus propiedades biológicas como la actividad antioxidante, antimicrobiana y anticancerígena y su efecto protector sobre el sistema cardiovascular (Flamini et al., 2015).

En este estudio se midieron las antocianinas totales de la uva de mesa variedad “Crimson” después de los tratamientos precosecha con AS, AAS y SaMe. Los datos que se obtuvieron son los que se presentan en la figura 7, donde podemos ver por un lado el tratamiento con AS donde la concentración 0,01 mM es la más favorable para aumentar la concentración de antocianinas, tres veces mayor que en el control. Al contrario que el tratamiento con AAS con el que la mejor concentración para tener un mayor valor de antocianinas es con 1,0 mM. Por otro lado, en el tratamiento que se realizó usando SaMe no se ve ninguna correlación como se observa en los otros dos tratamientos y las concentraciones donde se obtiene más cantidad de antocianinas totales son 0,01 y 1,0 mM.

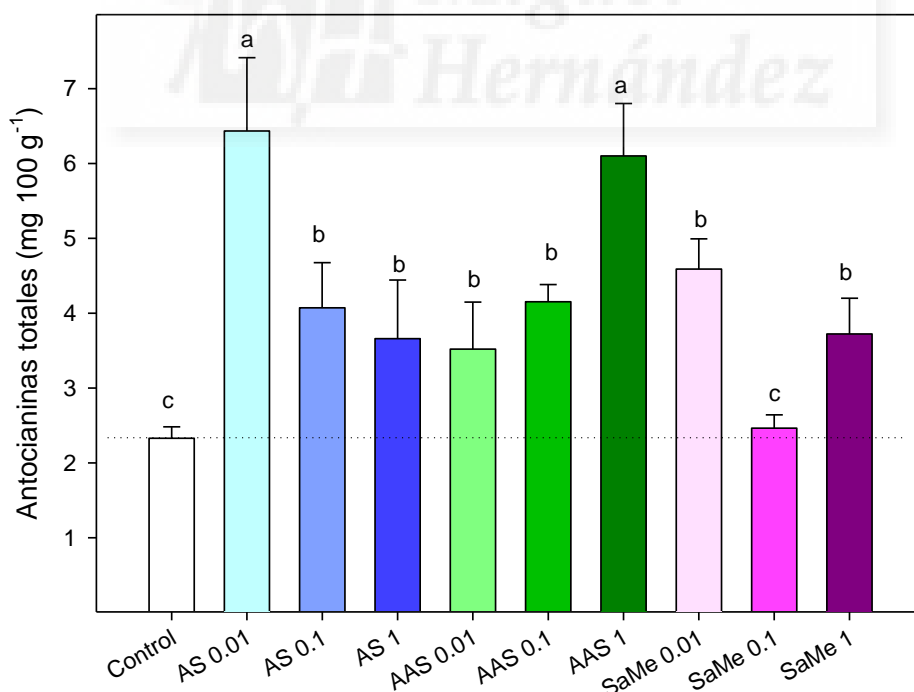


Figura 7. Contenido en antocianinas totales en la cosecha en las uvas “Crimson” tratadas con AS, AAS y SaMe a concentraciones de 0.01, 0.1 y 1 mM. Los datos son la media \pm SE de 2 réplicas de 10 bayas desde la primera fecha de cosecha para los cultivares y todos los tratamientos.

Actualmente no hay muchos artículos publicados sobre estos tratamientos precosecha en uva de mesa ya que la mayoría de artículos que estudian estos tratamientos en la precosecha son sobre otros frutos como son la cereza y ciruela. Por lo que, siguiendo con los resultados obtenidos de antocianinas en las uvas, hay varios artículos que también se logra aumentar la concentración de antocianinas utilizando tratamientos con salicilatos. En el artículo de Valverde et al., (2015) los tratamientos de SaMe a 1,0 mM antes de la cosecha dieron lugar a frutos con una mayor concentración de antocianinas en el momento de la cosecha y durante el almacenamiento en tres cultivares de cereza.

Curiosamente, en otro estudio también en cultivares de cereza se aplicaron concentraciones de 1,0 mM tanto de AS como de AAS previas a la cosecha y estas aumentaron el contenido de antocianinas totales para ambos cultivares, siendo el tratamiento más efectivo AAS 1,0 mM. En este mismo artículo, de acuerdo con los resultados anteriores, los compuestos bioactivos y la actividad antioxidante se determinaron en las muestras de AAS a 1,0 mM y AS 0,5 mM tratadas, y además la aplicación de estas concentraciones condujo a los efectos más altos en el tamaño de la fruta, el peso de la fruta y la firmeza de la fruta (Gimenez et al., 2014; Gimenez et al., 2017).

Además, ciruelas tratadas con AS, AAS y SaMe 0,5, 1,0 y 2,0 mM, muestran que todos los tratamientos con salicilatos aumentaron significativamente la concentración total de antocianinas en la cosecha y durante el almacenamiento. La concentración total de antocianinas aumentó durante la conservación en frío en las ciruelas control y en las ciruelas tratadas, siendo estas concentraciones significativamente más altas en las ciruelas de los árboles tratados con salicilatos que en las de los controles (Martínez-Espla et al., 2017).

Uno de los artículos que habla sobre los tratamientos precosecha de uva de mesa como el de Champa et al., (2015) muestra que las dosis de 1,5 y 2,0 de AS tienen una mayor eficacia en el mantenimiento de antocianinas, fenoles y propiedades organolépticas al tiempo que reducen la pérdida de peso, el pardeamiento del raquis y la incidencia de deterioro. En conclusión, el rociado previo a la cosecha de 1,5 mM SA demostró ser el medio más eficaz para mejorar la calidad y prolongar la vida poscosecha de la uva de mesa.

Si observamos los resultados obtenidos en este estudio en comparación con los resultados de los tratamientos que se realizan en otros estudios similares, nos llevan a decir que el tratamiento más similar es el del AAS ya que en la mayoría de estudios coincide el aumento de antocianinas con una concentración de AAS de 1,0 mM.

3.4 Concentración de antocianinas individuales

En este estudio se han cuantificado tres tipos de antocianinas propias de las uvas como son, cianidín, peonidín y malvidín en su forma 3-O-monoglucósido. La peonidín 3-glucósido, de manera significativa, sobresalió sobre las otras antocianinas en todos los tratamientos, con diferentes concentraciones dependiendo del tratamiento, ya que, donde más peonidín 3-glucósido se cuantificó fue en el tratamiento con AAS a 1 mM. En cuanto la malvidín 3-glucósido, fue la siguiente antocianina con más cantidad en la

uva de mesa Crimson, de 2 a 3 veces menor que la peonidín 3-glucósido y en ésta la mayor concentración se obtuvo con el tratamiento de AS 0.01. Por último, de la cianidín 3-glucósido se obtuvieron valores muy bajos en todas las muestras (Fig. 8).

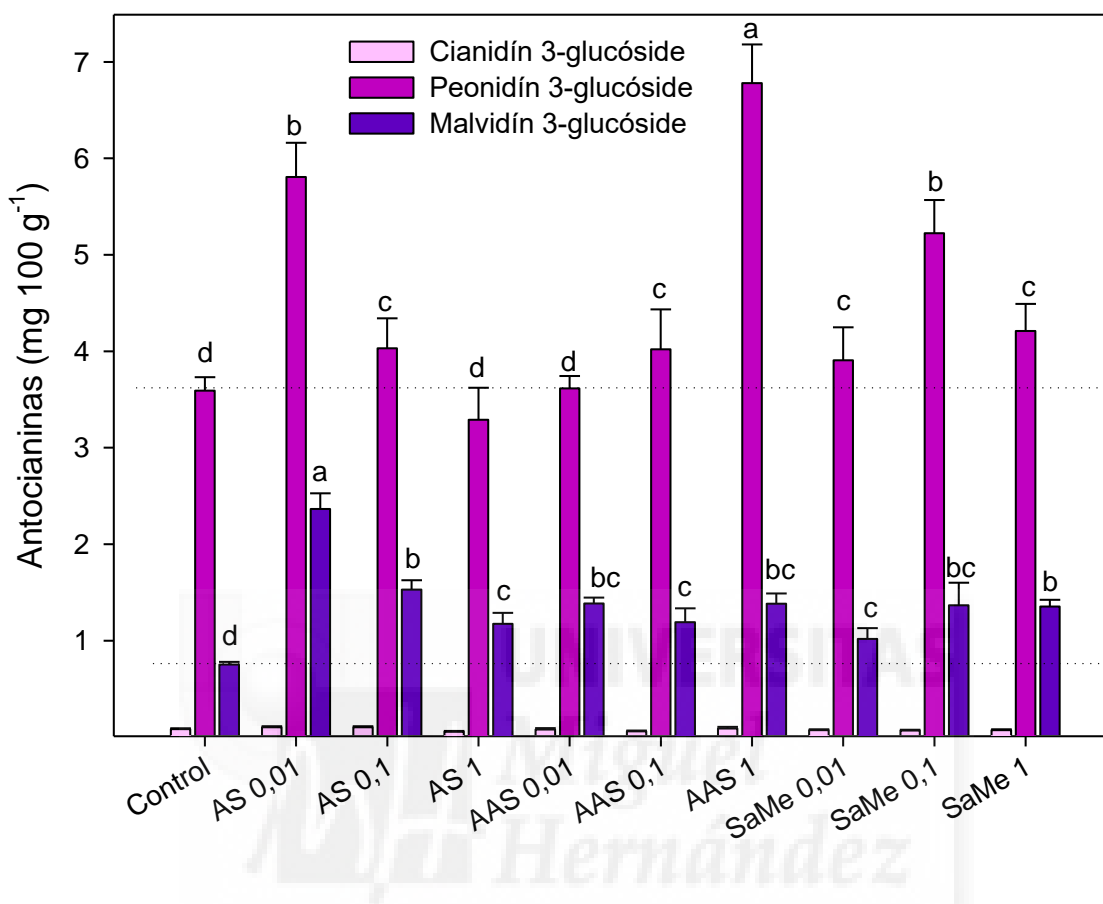


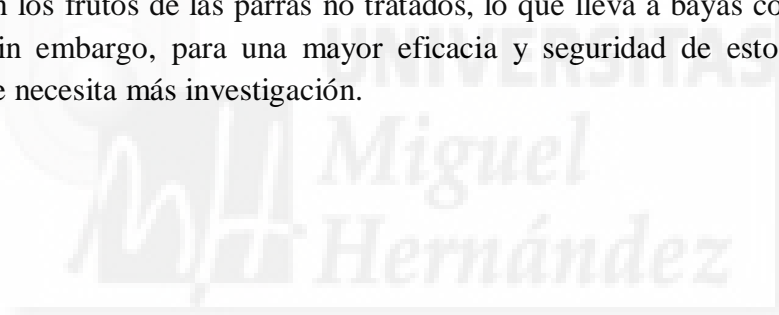
Figura 8. Concentración de antocianinas individuales: cianidín 3-glucósido, peonidín 3-glucósido y malvidín 3-glucósido, en la cosecha en las uvas “Crimson” tratadas con AS, AAS y SaMe a concentraciones de 0.01, 0.1 y 1 mM. Los datos son la media \pm SE de 2 réplicas de 10 bayas desde la primera fecha de cosecha para los cultivares y todos los tratamientos.

Igualmente, en otros estudios donde han utilizado uva Crimson y se han cuantificado antocianinas individuales obtienen que la peonidín 3-glucósido respresenta un 69 % del contenido total de antocianinas, un 15% la malvidín 3-glucósido y la cianidín 3-glucósido un 11 % del total. Pero en otros estudios se observa también que la antocianina mayoritaria en esta variedad de uva es la peonidín 3-glucósido y la minoritaría la cianidín 3-glucósido representando las dos un 80% de las antocianinas totales (Olivares et al., 2017). En artículos como los de Cantos et al., (2002) y Ferrara et al., (2015) informan que se han obtenido estas antocianinas con porcentajes como 45% de peonidia y 7% de cianidina y 85% de peonidia y 5% de cianidín 3-glucósido.

Por lo tanto, la concentración total e individual de antocianinas, así como su perfil, dependen no solo de los factores genéticos sino también de las condiciones ambientales y las prácticas vitícolas (García-Pastor *et al.* 2019).

4. CONCLUSIÓN

Como conclusión, los resultados de la presente investigación muestran que los tratamientos precosecha con salicilatos podrían considerarse una herramienta útil, ya que, aumentan el beneficio económico de los cultivadores de uva y no son compuestos químicos perjudiciales. De hecho, tratamientos de salicilatos a concentraciones entre 0,01-1,0 mM aumentan la firmeza y los sólidos solubles totales de las bayas. Principalmente las concentraciones de AS 1,0 mM llevaron a aumentos significativos de compuestos fenólicos totales, además de obtenerse una cosecha más temprana y un mayor rendimiento de las parras. Finalmente, vale la pena señalar que se encontraron concentraciones más altas de compuestos bioactivos con actividad antioxidante, como las antocianinas totales con una concentración de AS 0,01 mM y AAS 1,0 mM así como de las antocianinas individuales donde la antocianina mayoritaria que contiene la uva Crimson es la peonidín 3-glucósido. Todo esto se encontraba en uvas tratadas y era mayor que en los frutos de las parras no tratados, lo que lleva a bayas con propiedades saludables. Sin embargo, para una mayor eficacia y seguridad de estos tratamientos precosecha se necesita más investigación.



5. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera Ortiz, M., Reza Vargas, M.C., Chew Madinaveitia, R.G. y Meza Velázquez, J.A. 2011, "Propiedades funcionales de las antocianinas", *Revista de ciencias Biológicas y de la Salud*.
- Asghari, M. y Aghdam, M.S. 2010, "Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops", *Trends in Food Science and Technology*, vol. 21, no. 10, pp. 502-509.
- Bedascarrasbure, E., Maldonado, L., Alvarez, A. y Rodríguez, E. 2004, "Contenido de fenoles y flavonoides de propóleos argentino", *Acta. Farm. Bonaerense*, vol. 23 no 3, pp. 369-372.
- Cantos, E., Espián, J.C. y Tomás-Barberán, F.A. 2002, "Varietal differences among the polyphenol profiles of seven table grape cultivars studied by LC-DAD-MS-MS", *J. Agric. Food Chem.*, vol. 50, pp. 5691-5696.
- Champa, W.A., Gill, M.I., Mahajan, B.V. y Arora, N.K. 2015 "Preharvest salicylic acid treatments to improve quality and postharvest life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless", *J Food Sci Technol*, vol. 52, pp. 3607– 3616.
- Davarynejad, G.H., Zarei, M., Nasrabadi, M.E. y Ardakani, E. 2015, "Effects of salicylic acid and putrescine on storability, quality attributes and antioxidant activity of plum cv. 'Santa Rosa'", *Journal of Food Science and Technology*, vol. 52, no. 4, pp. 2053-2062.
- Du Jardin, P. 2015, "Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation", *Scientia Horticulturae*, vol. 196, pp. 3-14.
- Ferrara, G., Mazzeo, A., Matarrese, A. M. S., Pacucci, C., Punzi, R., Faccia, M. y Gambacorta, G. 2015, "Application of abscisic acid (S-ABA) and sucrose to improve colour, anthocyanin content and antioxidant activity of cv. Crimson Seedless grape berries", *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 21, no. 1, pp. 18-29.
- Flamini, R., Mattivi, F., De Rosso, M., Arapitsas, P. y Bavaresco, L. 2013, "Advanced knowledge of three important classes of grape phenolics: Anthocyanins, stilbenes and flavonols", *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 14, no. 10, pp. 19651-19669.

- García-Pastor, M.E., Serrano, M., Guillén, F., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Valero, D. y Zapata, P.J. 2019, "Methyl jasmonate effects on table grape ripening, vine yield, berry quality and bioactive compounds depend on applied concentration", *Scientia Horticulturae*, vol. 247, pp. 380-389.
- Giménez, M.J., Valverde, J.M, Valero, D., Guillen, F., Martínez-Romero, D., Serrano, M. y Castillo, S 2014, "Quality and antioxidant properties on sweet cherries as affected by preharvest salicylic and acetylsalicylic acids treatments", *Food Chemistry*, vol. 160, pp. 226-232.
- Giménez, M.J., Serrano, M., Valverde, J.M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D. y Guillén, F. 2017, "Preharvest salicylic acid and acetylsalicylic acid treatments preserve quality and enhance antioxidant systems during postharvest storage of sweet cherry cultivars", *Journal of the science of food and agriculture*, vol. 97, no. 4, pp. 1220-1228.
- Glowacz, M. y Rees, D. 2016, "Using jasmonates and salicylates to reduce losses within the fruit supply chain", *European Food Research and Technology*, vol. 242, no. 2, pp. 143-156.
- Ju, Y.-., Yang, B.-., He, S., Tu, T.-., Min, Z., Fang, Y.-. y Sun, X.-. 2019, "Anthocyanin accumulation and biosynthesis are modulated by regulated deficit irrigation in Cabernet Sauvignon (*Vitis Vinifera* L.) grapes and wines", *Plant Physiology and Biochemistry*, vol. 135, pp. 469-479.
- Kok, D. 2011, "Influences of pre- and post-verasion cluster thinning treatments on grape composition variables and monoterpene levels of *Vitis vinifera* L. Cv. Sauvignon Blanc", *J Food Agric Environ* vol. 9, no. 1, pp. 22–26.
- Kok, D. 2018, "Grape Growth, Anthocyanin and Phenolic Compounds Content of Early Ripening Cv. Cardinal Table Grape (*V. vinifera* L.) as Affected by Various Doses of Foliar Biostimulant Applications with Gibberellic Acid", *Erwerbs-Obstbau*, vol. 60, no. 3, pp. 253-259.
- Kuhn, N., Guan, L., Dai, Z.W., Wu, B.-., Lauvergeat, V., Gomès, E., Li, S.-., Godoy, F., Arce-Johnson, P. y Delrot, S. 2014, "Berry ripening: Recently heard through the grapevine", *Journal of experimental botany*, vol. 65, no. 16, pp. 4543-4559.
- Kumar, D. 2014, "Salicylic acid signaling in disease resistance", *Plant Science*, vol. 228, pp. 127-134.
- Lo'ay, A.A., Taha, N.A. y EL-Khateeb, Y.A. 2019, "Storability of 'Thompson Seedless' grapes: Using biopolymer coating chitosan and polyvinyl alcohol blending with

- salicylic acid and antioxidant enzymes activities during cold storage", *Scientia Horticulturae*, vol. 249, pp. 314-321
- Martínez-Esplá, A., Serrano, M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Castillo, S. y Zapata, P.J. 2017, "Enhancement of antioxidant systems and storability of two plum cultivars by preharvest treatments with salicylates", *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 18, no. 9
- Martínez-Esplá, A., Zapata, P.J., Valero, D., Martínez-Romero, D., Díaz-Mula, H.M. y Serrano, M. 2018, "Preharvest treatments with salicylates enhance nutrient and antioxidant compounds in plum at harvest and after storage", *Journal of the science of food and agriculture*, vol. 98, no. 7, pp. 2742-2750.
- Martínez-Valverde, I., Periago, M. J., y Ros, G. 2000, "Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta", *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 50(1), 5-18.
- Marzouk, H.A. y Kassem, H.A. 2011, "Improving yield, quality, and shelf life of Thompson seedless grapevine by preharvest foliar applications", *Scientia Horticulturae*, vol. 130, no. 2, pp. 425-430.
- Olivares, D., Contreras, C., Muñoz, V., Rivera, S., González-Agüero, M., Retamales, J., y Defilippi, B. G. 2017, "Relationship among color development, anthocyanin and pigment-related gene expression in 'Crimson Seedless' grapes treated with abscisic acid and sucrose" *Plant physiology and biochemistry*, vol. 115, pp. 286-297.
- Parrado, J., Bautista, J., Romero, E.J., García-Martínez, A.M., Friaza, V. y Tejada, M. 2008, "Production of a carob enzymatic extract: Potential use as a biofertilizer", *Bioresource technology*, vol. 99, no. 7, pp. 2312-2318.
- Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Serrano, M. y Valero, D. 2011, "Vapour treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates", *Food Chemistry*, vol. 124, no. 3, pp. 964-970.
- Sayyari, M., Castillo, S., Valero, D., Díaz-Mula, H.M. y Serrano, M. 2011, "Acetyl salicylic acid alleviates chilling injury and maintains nutritive and bioactive compounds and antioxidant activity during postharvest storage of pomegranates", *Postharvest Biology and Technology*, vol. 60, no. 2, pp. 136-142.

- Serrano, M., Giménez, M.J., Martínez-Esplá, A., Valverde, J.M., Martínez-Romero, D., Castillo, S. y Valero, D. 2018, *Effects of preharvest salicylate treatments on quality and antioxidant compounds of plums*.
- Supapvanich, S., Mitsang, P., Youryon, P., Techavuthiporn, C., Boonyaritthongchai, P. y Tepsorn, R. 2018, "Postharvest quality maintenance and bioactive compounds enhancement in 'Taaptimjaan' wax apple during short-term storage by salicylic acid immersion", *Horticulture Environment and Biotechnology*, vol. 59, no. 3, pp. 373-381.
- Valero, D., Díaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Castillo, S., Guillén, F., Martínez-Romero, D. y 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*, vol. 59, no. 10, pp. 5483-5489.
- Valverde, J.M., Giménez, M.J., Guillén, F., Valero, D., Martínez-Romero, D. y Serrano, M. 2015, "Methyl salicylate treatments of sweet cherry trees increase antioxidant systems in fruit at harvest and during storage", *Postharvest Biology and Technology*, vol. 109, pp. 106-113.
- Wang, Z., Ma, L., Zhang, X., Xu, L., Cao, J. y Jiang, W. 2015, "The effect of exogenous salicylic acid on antioxidant activity, bioactive compounds and antioxidant system in apricot fruit", *Scientia Horticulturae*, vol. 181, pp. 113-120.