



# 3

**Mejoramiento de la calidad de frutos en arándano mediante el uso de inductores hormonales en condiciones de restricción hídrica**

Capítulo

# 3

## Capítulo 3

# Mejoramiento de la calidad de frutos en arándano mediante el uso de inductores hormonales en condiciones de restricción hídrica

**Cristian Balbontín Sepúlveda**  
Ingeniero Agrónomo, Dr.

**Juan Hirzel Campos**  
Ingeniero Agrónomo, Dr.

**Victoria Urrutia Moya**  
Ingeniera en Biotecnología

### 3.1 Estrés hídrico y calidad de frutos

La calidad puede referirse como un conjunto de características que permiten que el fruto sea apreciado y consumido con agrado, lo cual es una combinación de parámetros como color, sabor, firmeza, tamaño, uniformidad, frescura y contenido nutricional, que determinan su valor comercial y su aceptación en los mercados de destino. El arándano es un fruto muy sensible a la pérdida de calidad, debido a su delgada y permeable cutícula, que está cubierta de ceras fácilmente removibles. Asimismo, al ser frutos pequeños, con una alta relación de superficie/volumen, absorben y liberan calor fácilmente, lo que puede llevar a una alta tasa de deshidratación. Esta pérdida de agua también implica una pérdida acelerada de firmeza tanto en condiciones de pre como de post cosecha y puede ser más pronunciada dependiendo de la susceptibilidades de cada variedad (Moggia et al., 2022).

Las plantas de arándano son particularmente sensibles al estrés hídrico y altas temperaturas, lo que puede dañar severamente el cultivo y la calidad de los frutos. En particular, el estrés hídrico puede afectar negativamente la calidad de los arándanos impactando en el tamaño, firmeza y contenido de

azúcares. Diferentes estudios han mostrado que una adecuada suplementación hídrica es indispensable para lograr buenos rendimientos y mantener la calidad de los frutos. Por ejemplo, Ortega-Farias et al. (2021) han reportado que la disminución del riego en un 50% de las necesidades hídricas puede reducir el tamaño y el rendimiento de frutos por planta, aunque aumenta la concentración de sólidos solubles. Adicionalmente, Bryla (2009, 2011) ha reportado que el estrés hídrico disminuye la fotosíntesis y lleva a un menor crecimiento y producción de frutos, afectando también otros parámetros como la firmeza, la acidez y el contenido de azúcares.

El estrés hídrico no solo afecta la calidad y producción en la temporada en que las plantas se ven expuestas a menores suplantaciones de riego, sino que también puede influir en la producción de los siguientes años. En este contexto, Mingeau et al, (2001) examinaron los efectos de diferentes niveles de déficit de agua en distintas etapas fenológicas del arándano. Los resultados demostraron que incluso la aplicación de un estrés hídrico moderado durante la última etapa de crecimiento y maduración del fruto, puede influir significativamente en el rendimiento de la planta, afectando tanto el peso promedio de la fruta como el diámetro de la misma, disminuyendo el rendimiento total. Por otra parte, dado que la formación de yemas florales ocurre en los meses de verano y se superpone con el desarrollo tardío del fruto, el estrés hídrico aplicado a las plantas después de la cosecha también puede reducir el número de yemas florales de la siguiente temporada.

En las actuales condiciones de cambio climático, caracterizado en nuestro país por la disminución de los volúmenes y menor ocurrencia de precipitaciones, los productores de arándanos se enfrentan a un desafío cada vez mayor, en el cual deben cumplir con las exigencias de los mercados por fruta de calidad, y al mismo tiempo, ser competitivos con otros países exportadores con similares destinos y fechas de llegada a los mercados, lo que aumenta aún más la presión para producir frutos de alta calidad. Lo anterior no es fácilmente abordable en condiciones de restricción hídrica y altas temperaturas durante el periodo de crecimiento de los frutos.

El mejoramiento genético tradicional ha sido una herramienta importante para el desarrollo de variedades de plantas con características deseables, incluyendo la tolerancia a una menor suplementación hídrica (Lobos and Hancock, 2015). Una de las estrategias utilizadas para mejorar la tolerancia a la sequía es la realización de cruzamientos con especies que presenten mayor

resistencia. Aunque este proceso ha demostrado ser eficaz en la obtención de variedades mejoradas, puede ser lento y requerir de recursos considerables. Sin embargo, complementariamente pueden evaluarse el uso de inductores que incrementen la tolerancia a sequía, lo que podría ayudar a reducir el tiempo y los costos asociados con el mejoramiento genético tradicional.

### **3.2 Uso de Inductores hormonales en el mejoramiento de la calidad de frutos**

El uso de fitohormonas como el ácido abscísico (ABA) o el ácido jasmónico (JA) y sus derivados, como el jasmonato de metilo (MeJA), ha demostrado ser efectivo aumentando la tolerancia de las plantas a las condiciones de déficit hídrico (Capítulo 2) y mejorar las características de calidad de los frutos en diversas especies. Por ejemplo, distintas investigaciones sugieren que el ABA influye significativamente en la calidad de la fruta. Tijero et al. (2016) encontraron que el ABA juega un papel importante en el desarrollo de los frutos en cerezo, estimulando su proceso de maduración y afectando positivamente los parámetros de calidad durante la precosecha. Además, Setha (2012) realizó una exhaustiva revisión sobre el efecto del ABA en la maduración y calidad de frutas climatéricas y no climatéricas, y concluyó que el ABA contribuye a varios procesos durante la maduración, incluyendo el metabolismo respiratorio y la producción del etileno, los cambios de color y pigmentos, la síntesis de compuestos fenólicos y el contenido nutricional, así como la composición de la pared celular y el ablandamiento de los frutos.

La aplicación de exógena de JA o MeJA también han mostrado tener efectos positivos en la calidad de la fruta. Por ejemplo, Ozturk (2015) llevó a cabo un estudio en el que se evidenció que la aplicación de tratamientos de MeJA antes de la cosecha provocó un retraso en el ablandamiento de las ciruelas y un incremento en la presencia de compuestos bioactivos. Wang (2021) revisó varios estudios que indicaron que la aplicación de MeJA durante las etapas de precosecha y postcosecha mejora la capacidad antioxidante, el contenido de fenoles y prolonga la vida útil de frutos de varias especies. Además, Concha et al. (2013) observaron que la aplicación de MeJA aceleró la maduración de la fruta y aumentó la acumulación de antocianinas en frutillas originarias de Chile (*Fragaria chiloensis*). Por último, González-Aguilar et al. (2000) encontró que la exposición de frutos de mango a MeJA en forma vaporizada, redujo el daño por frío y mantuvo la calidad de la fruta durante la postcosecha. En general, estos

estudios sugieren que los tratamientos con JA/MeJA pueden tener impactos positivos en varios aspectos de la calidad de la fruta, incluido el aumento de la actividad antioxidante, el retraso de la senescencia, la mejora del contenido vitamínico, el aumento de la firmeza y la regulación de la expresión génica durante la maduración.

La evaluación de estos compuestos en arándano también ha mostrado resultados promisorios en la mejora de la calidad de los frutos. Por ejemplo, Wang (2019) demostró que este compuesto incrementa la capacidad antioxidante de los frutos. El mismo autor señala que la aplicación de MeJA indujo la resistencia a enfermedades como *Botrytis cinerea* y retrasó el ablandamiento de los arándanos al inhibir la degradación de los materiales de la pared celular y mantener el metabolismo energético (Wang; 2021, 2020). Estos resultados indican que el uso de MeJA puede ser una estrategia efectiva para mejorar la calidad y prolongar la vida de post cosecha de los arándanos, así como para fortalecer su resistencia a enfermedades y mejorar su calidad nutricional.

Aunque aún no se ha determinado completamente la forma en la que el AJ o el MeJA pueden incrementar la tolerancia a la sequía de las plantas o mejorar la calidad de los frutos, se ha observado que la aplicación de este compuesto promueve la síntesis de ceras cuticulares en hojas de repollo y frutos de peral (Yuan et al., 2020; Wu et al., 2020). Por consiguiente, es razonable suponer que la mayor resistencia a condiciones restrictivas de riego pueda atribuirse al aumento de las propiedades de impermeabilización de la membrana cuticular en hojas y frutos.

Por otra parte, la aplicación de ABA en arándano ha mostrado que, en general, puede afectar positivamente la calidad de los frutos, pero los hallazgos son mixtos. Por ejemplo, Buran et al. (2012) encontraron que el ABA retrasó la maduración de los arándanos, pero no afectó el contenido fenólico total, la capacidad antioxidante ni el contenido de fitoquímicos. Han et al (2020) mostraron que la aplicación de ABA aumentó el contenido de sólidos solubles y antocianinas, pero redujo la firmeza de la fruta y el contenido de algunos metabolitos bioactivos. Zhang et al., (2017) reportaron que el tratamiento con ABA aumentó la acumulación de antocianinas y disminuyó el contenido de acidez titulable. Por último, Oh et al., (2018) encontraron que el ABA estimuló la acumulación de antocianinas individuales, pero también promovió el ablandamiento de la fruta. En general, estas investigaciones sugieren que

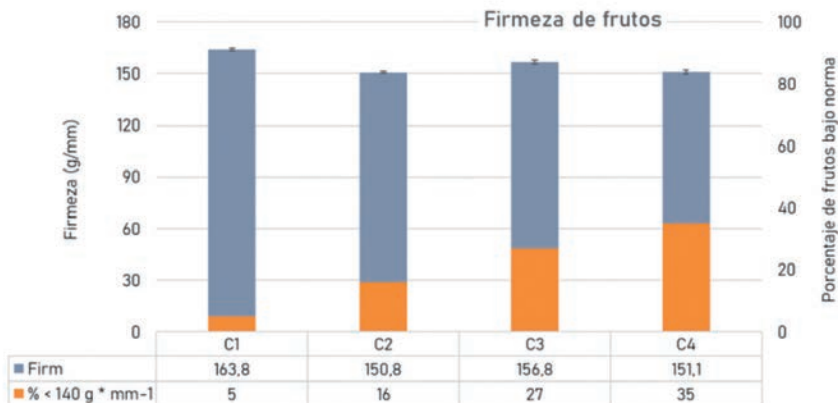
el ABA puede afectar la calidad de los arándanos, pero los efectos específicos dependerán de la concentración de ABA aplicada y la etapa del desarrollo de la fruta.

En el proyecto “Desarrollo de un producto para incrementar la tolerancia al estrés hídrico y calidad organoléptica de frutos de arándanos mediante el uso de inductores hormonales y nutricionales” se evaluaron los efectos de 3 regímenes de reposición hídrica correspondientes al 100% 50 % y 25 % de la evapotranspiración junto con diferentes combinaciones de metil jasmonato y ácido abscísico sobre algunas características de los frutos como firmeza, tamaño, azúcares y acidez que influyen positivamente en sus características organolépticas. Los resultados se exponen a continuación.

### **3.3 Firmeza de frutos (g/mm)**

La firmeza es un parámetro muy importante en la calidad general de los frutos y puede variar dependiendo de las condiciones ambientales durante su desarrollo. Es importante tener en cuenta que la maduración de los frutos en el huerto es secuencial, lo que implica que éstos van madurando en función de las temperaturas y la fecha de floración; así, hay frutos que fueron polinizados y cuajaron primero, y crecen a temperaturas moderadas durante la primera, en tanto que los más tardíos en cuajar crecen expuestos a mayores temperaturas durante inicios de verano. Los frutos expuestos a altas temperaturas durante su crecimiento pueden verse afectados en su calidad y firmeza (Yang et al., 2019), lo cual es relevante para evaluar la calidad de los frutos provenientes de distintos eventos de cosecha en la temporada.

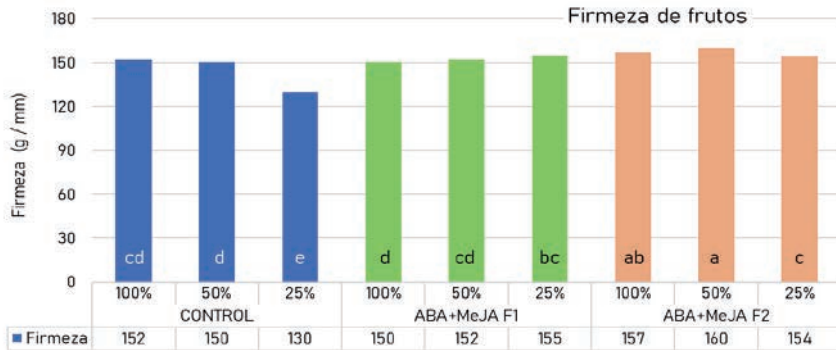
Nuestros resultados indican que, en primer lugar, la firmeza de los frutos varía entre las diferentes cosechas de los tratamientos control (sin inductores hormonales y con suplementación hídrica completa). Los frutos provenientes de la primera cosecha presentaron la mayor firmeza (163,8 g/mm), aunque para las restantes cosechas el valor promedio de firmeza no fue inferior a 140 g/mm, valor límite bajo el cual se define un fruto como “blando”. Sin embargo, un análisis más detallado permite observar que, aunque el promedio de la firmeza de los frutos no es inferior a este límite, el porcentaje de frutos que no supera este valor fue aumentando desde el 5% en los frutos de la primera cosecha a un 16%, 27% y 35% para la segunda, tercera y cuarta cosecha respectivamente (Figura 3.1).



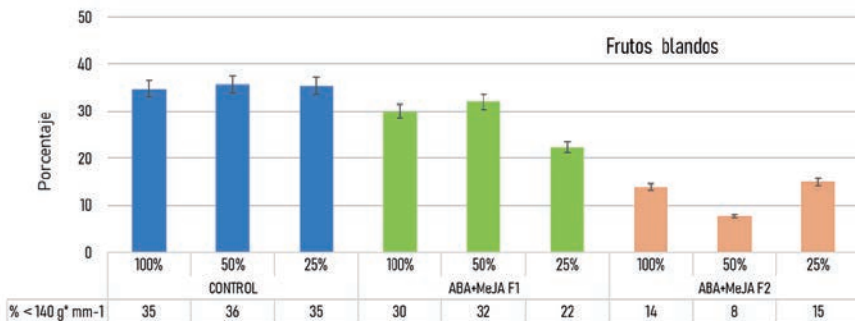
**Figura 3.1.** Firmeza de frutos de arándano de la variedad Legacy en diferentes eventos de cosecha (barras en gris). Barras anaranjadas en la parte inferior de las barras grises, señalan el porcentaje de frutos blandos. C1, C2, C3 y C4 indican primera, segunda, tercera y cuarta cosecha respectivamente.

En los tratamientos con restricción hídrica e inductores hormonales, la firmeza de los frutos también varió dependiendo del régimen de riego a la que fueron sometidas las plantas en el ensayo. Por ejemplo, en los frutos de plantas del cuarto evento de cosecha (sin inductores hormonales y sin restricción hídrica) fue de 152 g/mm, no diferenciándose de los que recibieron 50% de riego. Sin embargo, en los frutos de plantas con un 25% de riego, este parámetro fue significativamente menor (130 g/mm). Por otra parte, el uso de formulados preparados en base a ABA y MeJA, mostró incrementar la firmeza de los frutos en las condiciones del suministro hídrico más restrictivo, siendo equivalentes a las encontradas en el tratamiento control de 100% de reposición de agua (Figura 3.2). Además el porcentaje de frutos blandos disminuyó en los tratamientos de los formulados de ABA y MeJA (Figura 3.3). Lo anterior sugiere que el uso de inductores hormonales puede ser una herramienta útil en la conservación de este parámetro aún en condiciones de regímenes hídricos deficitarios.





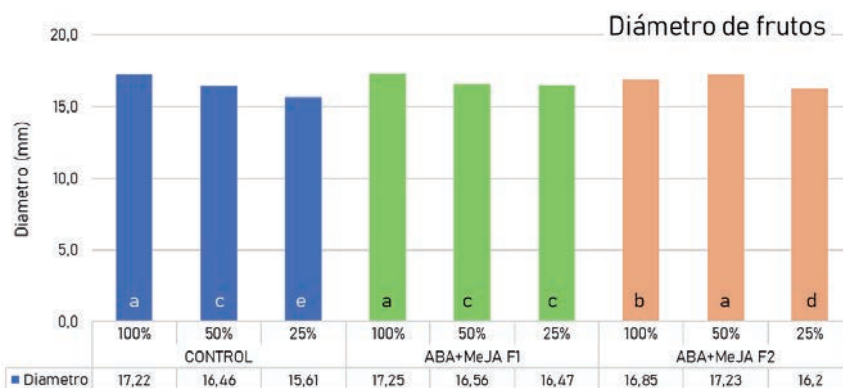
**Figura 3.2.** Firmeza de frutos de plantas de arándano sometidas a estrés y bajo la acción de diferentes formulados de ácido abscísico (ABA) y metil jasmonato (MeJA). Suplementación hídrica de 100, 50 y 25 % de la reposición estimada gravimétricamente. Barras azules: tratamiento control sin inductores hormonales; barras verdes: tratamiento con formulado 1 de ABA+MeJA; Barras anaranjadas: tratamiento con formulado 1 de ABA+MeJA. Letras distintas en la base de las barras indican diferencias estadísticas significativas (LSD Fisher;  $\alpha=0,05$ ).



**Figura 3.3.** Porcentaje de frutos blandos de plantas de arándano sometidas a estrés y bajo la acción de diferentes formulados de ácido abscísico y metil jasmonato. Suplementación hídrica de 100, 50 y 25 % de la reposición estimada gravimétricamente. Barras azules: tratamiento control sin inductores hormonales; barras verdes: tratamiento con formulado 1 de ABA+MeJA; Barras anaranjadas: tratamiento con formulado 1 de ABA+MeJA.

### 3.4 Diámetro de frutos (mm)

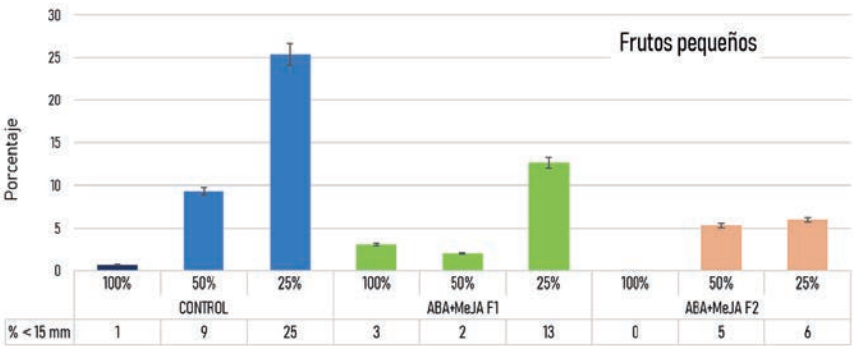
El diámetro de los frutos es un aspecto clave en la calidad de los mismos y puede ser afectado por regímenes restrictivos de riego. Los déficits de agua pueden reducir tanto el peso como el diámetro de los frutos entre un 10% y un 15%, lo que afecta negativamente tanto el rendimiento como la calidad de los cultivos (Almutairi et al., 2021). Resultados similares fueron encontrados en nuestros ensayos los que muestran que la reducción de un 50% y 75% de la suplementación hídrica disminuye el diámetro de los frutos en un 5% y 10% respectivamente (Figura 3.4). Además, el porcentaje de frutos pequeños, definidos como aquellos de diámetro ecuatorial inferior a 15 mm, fue sólo del 1% en las plantas que recibieron el 100% de riego, en tanto que este porcentaje aumentó a un 9% y 25% en los tratamiento de 50% y 25% del riego (Figura 3.5).



**Figura 3.4.** Diámetro ecuatorial de frutos de plantas de arándano sometidas a estrés y bajo la acción de diferentes formulados de ácido abscísico y metil jasmonato. Suplementación hídrica de 100, 50 y 25% de la reposición estimada gravimétricamente. Barras azules: tratamiento control sin inductores hormonales; barras verdes: tratamiento con formulado 1 de ABA+MeJA; Barras anaranjadas: tratamiento con formulado 2 de ABA+MeJA. Letras distintas en la base de las barras indican diferencias estadísticas significativas (LSD Fisher;  $\alpha=0,05$ ).

La aplicación de formulados de ABA y MeJA resultó efectiva para mitigar la reducción de tamaño de los frutos en plantas sometidas a riego deficitario. Para ambos formulados, la reducción del tamaño de los frutos solo fue del 4% y 6% en el régimen de riego más restrictivo (Figura 3.4). Además, los frutos tratados con el formulado 2 y que recibieron el 50% de agua, no difieren de los frutos del tratamiento control sin inductores hormonales y sin restricción hídrica.

Asimismo, el porcentaje de frutos pequeños encontrados en las plantas con este tratamiento de riego disminuyó a 13% y 6%, respectivamente (Figura 3.5). Estos resultados sugieren que la aplicación de formulados de ABA y MeJA podría ser una estrategia útil para mantener la calidad de los frutos en condiciones de déficit hídrico.

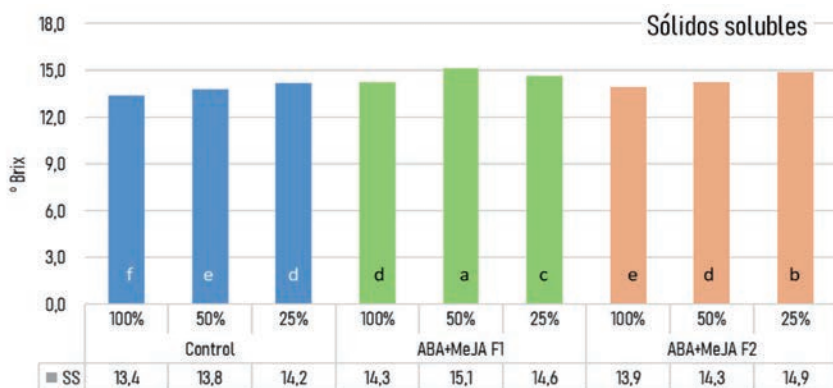


**Figura 3.5.** Porcentaje de frutos pequeños de plantas de arándano sometidas a estrés y bajo la acción de diferentes formulados de ácido abscísico y metil jasmonato. Suplementación hídrica de 100, 50 y 25% de la reposición estimada gravimétricamente. Barras azules: tratamiento control sin inductores hormonales; barras verdes: tratamiento con formulado 1 de ABA+MeJA; Barras anaranjadas: tratamiento con formulado 2 de ABA+MeJA.

### 3.5 Sólidos solubles (%)

El contenido de sólidos solubles en los frutos de arándanos aumentó en respuesta a la restricción hídrica, lo cual se debe posiblemente a una mayor concentración de azúcares en frutos más pequeños. Resultados similares han sido observado en estudios previos, como el realizado por Ortega-Farías (2021) en la variedad Elliot. Sin embargo, se encontró que los frutos de las plantas que no experimentaron disminución de riego y recibieron formulados en base a ABA

y MeJA también presentaron un aumento en el contenido de sólidos solubles en comparación con el tratamiento control. Este efecto se observó igualmente en las plantas sometidas a riego deficitario, pero sin disminución significativa del tamaño de la fruta (Figura 3.6). Estos resultados son especialmente interesantes, ya que sugieren que el uso de estas hormonas puede mejorar el contenido de sólidos solubles sin afectar negativamente el tamaño del fruto aun en condiciones de déficit hídrico.



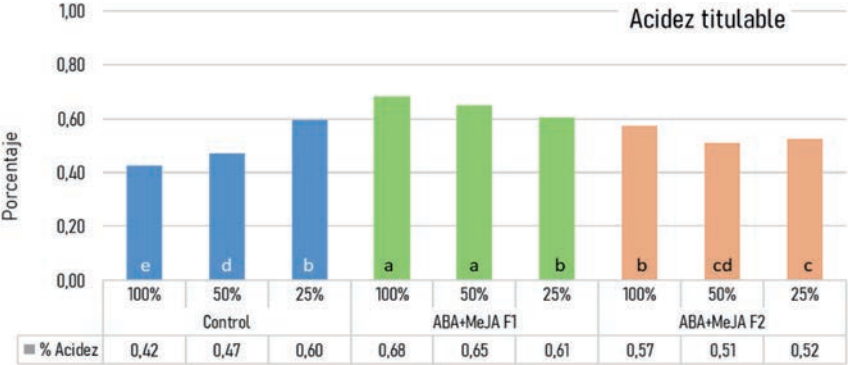
**Figura 3.6.** Contenido de sólidos solubles totales de frutos de plantas de arándano sometidas a estrés y bajo la acción de diferentes formulados de ácido abscísico y metil jasmonato. Suplementación hídrica de 100, 50 y 25% de la reposición estimada gravimétricamente. Barras azules: tratamiento control sin inductores hormonales; barras verdes: tratamiento con formulado 1 de ABA+MeJA; Barras anaranjadas: tratamiento con formulado 2 de ABA+MeJA. Letras distintas en la base de las barras indican diferencias estadísticas significativas (LSD Fisher;  $\alpha=0,05$ ).

### 3.6 Acidez titulable (%)

La acidez titulable es una medida de la cantidad de ácido presente en los frutos. Se determina mediante la adición de una solución alcalina a una muestra y se mide la cantidad de álcali necesaria para neutralizar la acidez presente. Los niveles de acidez pueden variar dependiendo de la madurez de los frutos, y son afectados por factores como la variedad, el clima, el suelo o sustrato en donde se cultiva y otras prácticas de manejo. En la mayoría de los frutos, la acidez titulable es un factor importante que influye en su sabor, calidad y valor comercial, pues un nivel adecuado de ácido otorga un sabor fresco y hace que los frutos sean más resistentes a la descomposición y la oxidación. Por otro lado,

los frutos con niveles bajos de acidez titulable pueden tener un sabor plano e insípido, y pueden ser más propensos a la descomposición y la decoloración.

Nuestros resultados muestran que el contenido de ácidos de los frutos aumenta significativamente al restringir el suministro de agua. Sin embargo, se observa un aumento aún mayor en los frutos de plantas bien regadas que fueron asperjadas con los formulados a base de ABA y MeJA. En estos casos, el contenido de ácidos superó al control sin aplicación de inductores hormonales en un 62% y 36% para el formulado 1 y formulado 2 respectivamente. Además, en estos mismos tratamientos el porcentaje de acidez titulable también se vio incrementado en las plantas sometidas a regímenes de riego deficitarios (Figura 3.7) con respecto al control bien regado y sin aplicación de inductores hormonales.



**Figura 3.7.** Porcentaje de acidez titulable de frutos de plantas de arándano sometidas a estrés y bajo la acción de diferentes formulados de ácido abscísico y metil jasmonato. Suplementación hídrica de 100, 50 y 25% de la reposición estimada gravimétricamente. Barras azules: tratamiento control sin inductores hormonales; barras verdes: tratamiento con formulado 1 de ABA+MeJA; Barras anaranjadas: tratamiento con formulado 2 de ABA+MeJA. Letras distintas en la base de las barras indican diferencias estadísticas significativas (LSD Fisher;  $\alpha=0,05$ ).

### **3.7 Conclusiones**

Los resultados de este proyecto sugieren que la aplicación combinada de ABA y MeJA puede ayudar significativamente a mejorar la calidad de la fruta, incluso en condiciones de menor disponibilidad de agua. Los frutos tratados con formulados de ambas hormonas presentaron un aumento en el firmeza y calibre de los frutos, lo que sugiere una mejora en su textura y capacidad de conservación. Además, se observó un incremento en el contenido de sólidos solubles, lo que puede mejorar el sabor y la aceptación de los frutos por parte del consumidor. También se encontró un aumento en el contenido de acidez titulable, lo cual podría contribuir a un sabor más equilibrado y agradable de los frutos. En resumen, la aplicación combinada de ABA y MeJA puede ser una estrategia efectiva para mejorar la calidad de la fruta en condiciones de estrés hídrico y aumentar su valor comercial.

### 3.8 Referencias

- Almutairi, K. F., Bryla, D. R., & Strik, B. C. (2021).** Sensitivity of Northern Highbush Blueberry Cultivars to Soil Water Deficits during Various Stages of Fruit Development, *HortScience horts*, 56(2), 154-162. Retrieved May 1, 2023, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15493-20>
- Bryla, D.R. (2011).** Crop Evapotranspiration and Irrigation Scheduling in Blueberry. InTech. doi: 10.5772/18311
- Bryla, D.R., Yorgey, B.M., & Shireman, A.D. (2009).** Irrigation management effects on yield and fruit quality of highbush blueberry.
- Buran, T.J., Sandhu, A.K., Azeredo, A., Bent, A.H., Williamson, J.G., & Gu, L. (2012).** Effects of exogenous abscisic acid on fruit quality, antioxidant capacities, and phytochemical contents of southern high bush blueberries. *Food chemistry*, 132 3, 1375-1381 .
- Concha, C., Figueroa, N.E., Poblete, L.A., Oñate, F.A., Schwab, W., & Figueroa, C.R. (2013).** Methyl jasmonate treatment induces changes in fruit ripening by modifying the expression of several ripening genes in *Fragaria chiloensis* fruit. *Plant physiology and biochemistry : PPB*, 70, 433-44 .
- González-Aguilar, G.A., Fortiz, J., Cruz, R., Baez, R., & Wang, C.Y. (2000).** Methyl jasmonate reduces chilling injury and maintains postharvest quality of mango fruit. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48 2, 515-9 .
- Han, T., Weilin, L., Wenlong, W., Shi, C., Xiaomin, W., Yang, H., & Xiong, Z.H. (2020).** Quality analysis and metabolomic profiling of the effects of exogenous abscisic acid on rabbiteye blueberry.
- Lobos, G. A., & Hancock, J. F. (2015).** Breeding blueberries for a changing global environment: a review. *Frontiers in plant science*, 6, 782. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00782>
- Mingeau, M., Perrier, C., & Améglío, T. (2001).** Evidence of drought-sensitive periods from flowering to maturity on highbush blueberry. *Scientia Horticulturae*, 89(1), 23-40.

- Moggia, C.; Lara, I.; Graell, J.; Schmeda-Hirschmann, G.; Thomas-Valdés, S.; Lobos, G.A.** Are fruit surface differences in two blueberry cultivars major drivers of contrasting postharvest dynamics? *Horticulturae* 2022, 8, 607. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070607>
- Oh, H.D., Yu, D.J., Chung, S.W., Chea, S., & Lee, H.J. (2018).** Abscisic acid stimulates anthocyanin accumulation in 'Jersey' highbush blueberry fruits during ripening. *Food chemistry*, 244, 403-407.
- Ortega-Farías, S., Espinoza-Meza, S., López-Olivari, R., Araya-Almán, M., & Carrasco-Benavides, M. (2021).** Effects of different irrigation levels on plant water status, yield, fruit quality, and water productivity in a drip-irrigated blueberry orchard under Mediterranean conditions. *Agricultural Water Management*, 249, 106805.
- Ozturk, B., Yıldız, K., & Kucuker, E. (2015).** Effect of pre-harvest methyl jasmonate treatments on ethylene production, water-soluble phenolic compounds and fruit quality of Japanese plums. *Journal of the science of food and agriculture*, 95 3, 583-91 .
- Setha S. (2012).** Roles of abscisic acid in fruit ripening. *Walailak J. Sci. Technol. (WJST)* 9 297-308.
- Tijero, V., Teribia, N., Muñoz, P., & Munné-Bosch, S. (2016).** Implication of Abscisic Acid on Ripening and Quality in Sweet Cherries: Differential Effects during Pre- and Post-harvest. *Frontiers in Plant Science*, 7.
- Wang, H., Cheng, X., Wu, C., Fan, G., Li, T., & Dong, C. (2021).** Retardation of postharvest softening of blueberry fruit by methyl jasmonate is correlated with altered cell wall modification and energy metabolism. *Scientia Horticulturae*, 276, 109752.
- Wang, H., Wu, Y., Yu, R., Wu, C., Fan, G., & Li, T. (2019).** Effects of postharvest application of methyl jasmonate on physicochemical characteristics and antioxidant system of the blueberry fruit. *Scientia Horticulturae*, 258, 108785.



- Wang, S., Shi, X., Liu, F., & Laborda, P. (2021).** Effects of exogenous methyl jasmonate on quality and preservation of postharvest fruits: A review. *Food chemistry*, 353, 129482.
- Wu, X., Chen, Y., Shi, X., Qi, K., Cao, P., Liu, X., ... & Zhang, S. (2020).** Effects of palmitic acid (16: 0), hexacosanoic acid (26: 0), ethephon and methyl jasmonate on the cuticular wax composition, structure and expression of key gene in the fruits of three pear cultivars. *Functional Plant Biology*, 47(2), 156-169. <https://doi.org/10.1071/FP19117>
- Yang, F., Bryla, D. R., & Strik, B. C. (2019).** Critical Temperatures and Heating Times for Fruit Damage in Northern Highbush Blueberry, *HortScience horts*, 54(12), 2231-2239. Retrieved Apr 30, 2023, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14427-19>
- Yuan, Z., Jiang, Y., Liu, Y., Xu, Y., Li, S., Guo, Y., Jetter, R., & Ni, Y. (2020).** Exogenous hormones influence *Brassica napus* leaf cuticular wax deposition and cuticle function. *PeerJ*, 8, e9264. <https://doi.org/10.7717/peerj.9264>
- Zhang, X., Zhu, Y., Wang, Y., Luo, C., & Wang, X. (2017).** Effects of different plant growth regulators on blueberry fruit quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 81.