



# 4

**Efecto de inductores hormonales en la calidad de frutos de arándano durante la postcosecha**

# Capítulo

# 4

## Capítulo 4

# Efecto de inductores hormonales en la calidad de frutos de arándano durante la postcosecha

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

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

**Victoria Urrutia Moya**  
Ingeniera en Biotecnología

En los capítulos anteriores hemos revisado algunos antecedentes del efecto del cambio climático sobre la agricultura. En especial, se ha discutido acerca del efecto de la disminución de las precipitaciones y la menor disponibilidad hídrica sobre la respuesta de las plantas y como ello puede afectar la calidad de los frutos de arándano. Asimismo, se ha mostrado que la aplicación de inductores hormonales, ácido abscísico (ABA) y jasmonato de metilo (MeJA) pueden ayudar en el mejoramiento de la adaptación de las plantas a condiciones de menor disponibilidad de agua e incrementar parámetros de calidad de los frutos como la firmeza y calibre al momento de cosecha.

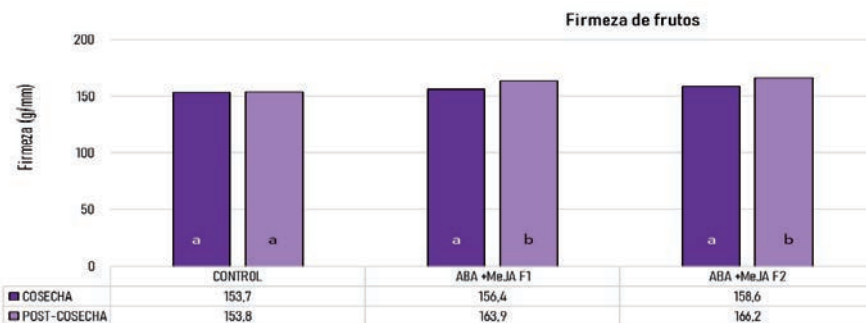
Gran parte de los arándanos producidos en la región del Maule son trasladados a otras regiones para su posterior embarque y destino en mercados distantes como Asia, Europa o Norteamérica. Esto implica un enorme desafío para mantener las características de calidad de los frutos, lo cual determina en gran medida el precio final del producto y el retorno económico del productor. Por lo tanto, mantener tanto la calidad como la condición de los frutos lograda en el momento de la cosecha debe ser una prioridad para la industria de exportación. En este capítulo discutiremos los efectos de los inductores hormonales mencionados anteriormente en la preservación de la calidad y la reducción de daños en los frutos de arándano durante el almacenamiento y vida de anaquel.

Como se detalló previamente, se aplicaron dos formulados de ABA + MeJA de forma separada y semanal a plantas de arándanos de la variedad Legacy durante el desarrollo de los frutos. Para este trabajo se analizaron los frutos de la tercera ronda de cosecha, que representa aproximadamente el 40% de la producción. Los frutos de cada tratamiento (control sin inductores hormonales, aplicación de formulado 1 y aplicación de formulado 2) fueron mantenidos a 0 grados Celsius en aire regular durante 30 días. Luego, se evaluaron las características de firmeza, pérdida de peso, sólidos solubles, acidez titulable y desarrollo de pudriciones después de 2 días en condiciones de temperatura ambiente (20°C) tras el almacenamiento.

## 4.1 Firmeza de frutos (g/mm)

La Figura 4.1 muestra que no se observaron diferencias entre los frutos analizados al momento de la cosecha y los evaluados después del periodo de almacenamiento y subsecuente periodo de anaquel (post cosecha) en el tratamiento control. Asimismo, no se detectaron diferencias en la firmeza de los frutos tratados con ambos formulados en comparación con el control en el momento de la cosecha. Sin embargo, después del almacenamiento, los frutos tratados con los formulados mostraron una firmeza significativamente mayor a los del tratamiento control. Tanto el formulado 1 (ABA+MeJA F1) como el formulado 2 (ABA+MeJA F2) exhibieron un aumento del 5% en la firmeza en la etapa de postcosecha en comparación con la medición realizada al momento de la cosecha.

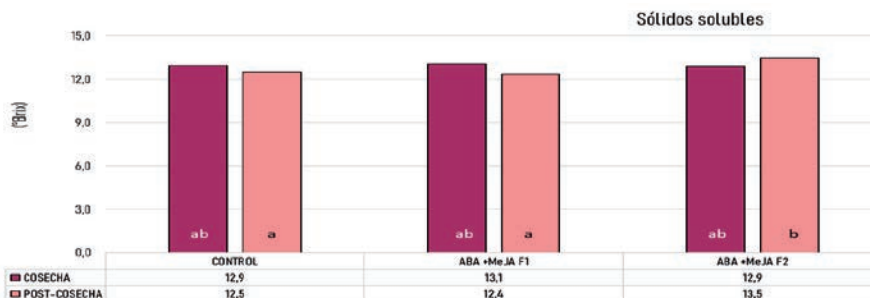
La firmeza es un componente fundamental para garantizar la calidad de los frutos y debe ser preservada durante el periodo de postcosecha. El uso de formulados de ABA + MeJA puede mejorar notablemente la firmeza de los frutos después de su almacenamiento, lo cual tiene un impacto positivo en la comercialización del producto final. Estos resultados coinciden con los reportados previamente por El-Mogy et al., (2019) y Balbontín et al., (2018) que muestran un incremento de la firmeza en frutos de fresa y cereza tratados con estas hormonas.



**Figura 4.1.** Efecto de diferentes formulados (F1 y F2) de ácido abscísico (ABA) y metil jasmonato (MeJA) sobre la firmeza de arándanos en cosecha y después de 30 días de almacenaje a 0° C + dos días de anaquel a 20°C. Letras distintas en la base de las barras indican diferencias estadísticas significativas (LSD Fisher;  $\alpha=0,05$ ).

## 4.2 Sólidos solubles (%)

En general, durante el almacenamiento, se observa una disminución de los sólidos solubles debido al consumo de azúcares para el mantenimiento del metabolismo celular (Yan et al., 2020). Sin embargo, nuestros resultados de evaluación indican que no se encontraron diferencias significativas en los sólidos solubles entre los diferentes tratamientos al momento de la cosecha (Figura 4.2). Esto sugiere que los formulados basados en ABA y MeJA no tienen un impacto negativo en este parámetro durante el almacenamiento. En consecuencia, se puede concluir que estos tratamientos no alteran los sólidos solubles, lo que implica que podrían ser utilizados sin comprometer la calidad de los productos durante el período de almacenamiento.

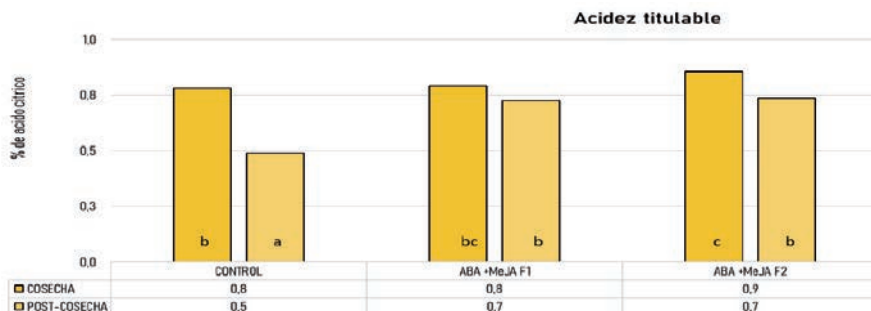


**Figura 4.2.** Efecto de diferentes formulados (F1 y F2) de ácido abscísico (ABA) y metil jasmonato (MeJA) sobre el contenido de sólidos sólidos totales de arándanos en cosecha y después de 30 días de almacenaje a 0° C + dos días de anaquel a 20°C. (LSD Fisher;  $\alpha=0,05$ ).

### 4.3 Acidez titulable (%)

El nivel de acidez de los frutos está estrechamente ligado a su madurez, disminuyendo a medida que este proceso avanza. La acidez de los frutos puede variar dependiendo de la variedad y condiciones de cultivo situándose entre 0,3 y 1,3% (Beaudry,1992). Los frutos con una acidez óptima tienen una vida útil más larga y conservan su calidad por más tiempo (Duan et al., 2011). La acidez también juega un papel importante en la actividad microbiana, ya que niveles adecuados de acidez previenen el crecimiento de microorganismos dañinos, prolongando la vida útil de los frutos (Hancock et al., 2008). Además de su influencia en la conservación, el nivel de acidez contribuye al sabor característico de los frutos y afecta la aceptación del consumidor.

Nuestros resultados indican que los tratamientos con inductores hormonales aplicados antes de la cosecha pueden preservar o aumentar el nivel de acidez de los frutos al momento de su recolección. Específicamente, los tratamientos con los formulados de ABA+MeJA demostraron ser efectivos para reducir la pérdida de acidez en los frutos durante el almacenamiento. En comparación con el grupo de control, que experimentó una disminución del 37% en la acidez durante el periodo de almacenamiento, los formulados 1 y 2 mostraron una disminución del 8% y 14%, respectivamente (Figura 4.3).



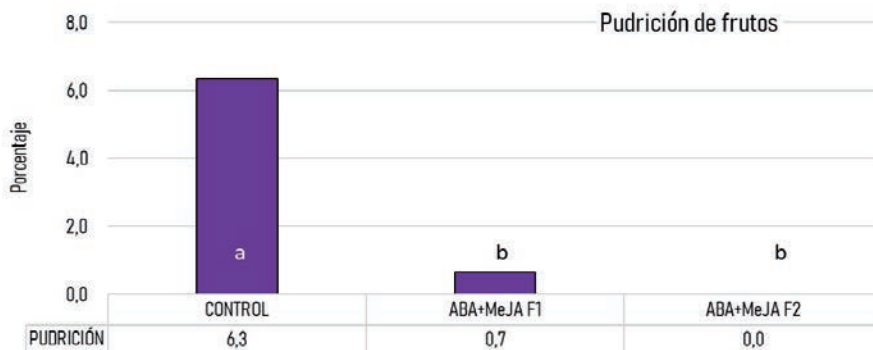
**Figura 4.3.** Efecto de diferentes formulados (F1 y F2) de ácido abscísico (ABA) y metil jasmonato (MeJA) sobre la acidez titulable de arándanos en cosecha y después de 30 días de almacenaje a 0° C + dos días de anaquel a 20°C. Letras distintas en la base de las barras indican diferencias estadísticas significativas (LSD Fisher;  $\alpha=0,05$ ).

## 4.4 Pudrición de frutos (%)

El desarrollo de pudriciones en frutos durante el almacenaje es un problema bastante frecuente, aún a bajas temperatura. En la zona central de Chile, la pudrición gris causada por el hongo *Botrytis cinerea* es una de los mayores responsables de pérdidas de calidad. Esta pudrición se caracteriza por la aparición de manchas marrones o grisáceas en los frutos. Además, el hongo se propaga rápidamente en condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas.

Varias investigaciones han mostrado que el ácido jasmónico o sus derivados pueden tener un efecto positivo en la reducción del desarrollo de pudriciones durante el almacenamiento postcosecha, al inducir respuestas de defensa en las plantas, fortaleciendo su capacidad para resistir y combatir los patógenos causantes de pudriciones (Yao y Tian, 2005; Wang et al., 2021). En arándanos, Wang et al. (2020) reportaron que el metil jasmonato tiene un efecto positivo en la reducción de botritis y la promoción de enzimas antioxidantes durante el almacenaje. Por otra parte, el efecto del ácido abscísico sobre la conservación de frutos o disminución de pudriciones durante el almacenaje no ha sido reportado a la fecha.

Los resultados de nuestro ensayo mostraron una fuerte reducción del desarrollo de pudriciones. En el tratamiento control, sin inductores hormonales y nutricionales, el porcentaje de frutos afectados alcanzo el 6%. En cambio, tanto el formulado 1 (ABA+MeJA F1) como en el formulado 2 (ABA+MeJA F2) el porcentaje de frutos con desarrollo de pudriciones fue mínimo (Figura 4.4). Lo anterior sugiere que el uso de inductores nutricionales y hormonales como el MeJA y el ABA puede ser efectivo para reducir el desarrollo de pudriciones en los frutos durante el almacenaje.



**Figura 4.4.** Efecto de diferentes formulados (F1 y F2) de ácido abscísico (ABA) y metil jasmonato (MeJA) sobre los niveles de pudrición en frutos de arándanos después de 30 días de almacenaje a 0° C + dos días de anaquel a 20°C. Letras distintas en la base de las barras indican diferencias estadísticas significativas (LSD Fisher;  $\alpha=0,05$ ).

## 4.5 Deshidratación de frutos (%)

La deshidratación de los frutos de arándanos durante el almacenamiento es un problema que puede afectar su calidad, apariencia y vida útil. Sin embargo, se debe precisar que la deshidratación es una variable cualitativa, diferente de las variaciones de peso durante el almacenaje que son de naturaleza cuantificable. La deshidratación y pérdida de peso de los frutos durante el almacenamiento puede no ser directamente proporcional entre diferentes variedades de arándanos. Cada variedad de arándano puede tener características únicas, como el grosor de la piel, el contenido de agua y la composición general de la fruta. Estos factores pueden influir en la tasa y el grado de deshidratación y pérdida de peso durante el almacenamiento.

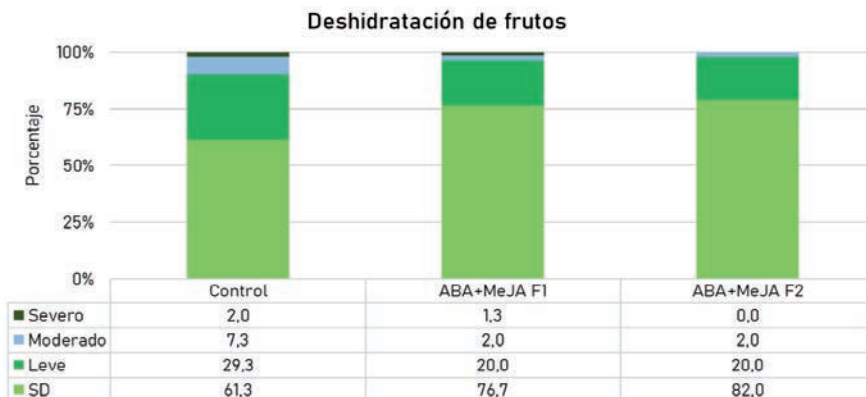
La cutícula es uno de los factores que impacta en la deshidratación de fruto, esta es una capa cerosa que recubre la superficie de los arándanos y actúa como una barrera protectora contra la pérdida de agua. Sin embargo, debido a su delgadez, la cutícula de los arándanos es menos efectiva en la retención de humedad en comparación con otros frutos. Esto significa que incluso una pequeña pérdida de agua puede resultar en una apariencia arrugada y una textura menos jugosa de los arándanos. Asimismo, la herida pedicelar de los frutos puede contribuir de manera significativa a la deshidratación (Yan y Castellarin, 2022).



La deshidratación de los frutos puede relacionarse en parte con las propiedades y componentes cerosos de la cutícula que pueden influenciar su permeabilidad, incrementando la tolerancia a la deshidratación (Moggia et al., 2017a). Al respecto, existen varias investigaciones que han demostrado el efecto del ácido abscísico en el incremento de la síntesis de compuestos cuticulares, por ejemplo, Gutiérrez et al., (2021) encontraron que la aplicación de ABA a frutos antes de la cosecha aumentó las cantidades de componentes de la pared celular y la cera cuticular en cerezas. En esta misma especie, Balbontín et al., (2018) mostraron que la aplicación de ABA redujo la cantidad de frutos agrietados después de varias horas de inmersión en agua, lo cual sugiere que esta hormona reduce la permeabilidad de los frutos. Por el contrario, la reducción de la síntesis de ABA puede llevar a un incremento en la permeabilidad de la cutícula (Romero y Lafuente, 2020).

Hasta la fecha, el papel de los jasmonatos en la biosíntesis de compuestos cuticulares de los frutos en arándano no ha sido determinado. Sin embargo, se ha demostrado que la aplicación exógena de MeJA puede modificar la composición química, la expresión génica y la morfología de la cutícula de los frutos y las hojas en diferentes variedades de peral y repollo, respectivamente (Wu et al., 2020; Yuan et al., 2020). Además, se ha reportado que la aplicación de MeJA en estados tempranos del desarrollo de las cerezas incrementa la tolerancia al agrietamiento (Balbontín et al., 2018), lo que podría indicar que esta hormona modifica las propiedades cuticulares de este fruto.

La evaluación de la deshidratación de los frutos de arándanos comúnmente se realiza registrando el número de frutos en diferentes categorías que reflejan el grado de deshidratación, como "Sin Deshidratación", "Leve", "Moderado" y "Severo". En nuestros resultados, encontramos que la aplicación de inductores hormonales y nutricionales durante la precosecha tuvo un efecto positivo en la reducción de la deshidratación de los frutos evaluados después del periodo de almacenamiento y anaquel. Esto se reflejó en un menor porcentaje de frutos en las categorías de deshidratación severa y moderada, y un aumento en la categoría de deshidratación leve. Por ejemplo, el tratamiento control mostró un 9 % en la suma de las categorías moderado y severo, en tanto que este porcentaje se vio disminuido al 3,3% y 2% en los tratamientos de ABA + MeJA F1 y ABA + MeJA F2 respectivamente (Figura 4.5).



**Figura 4.5.** Efecto de diferentes formulados (F1 y F2) de ácido abscísico (ABA) y metil jasmonato (MeJA) sobre la incidencia de deshidratación en arándano de 30 días de almacenaje a 0° C + dos días de anaquel a 20°C.

La cuantificación de la deshidratación en porcentajes por categoría puede ser difícil de comparar, por lo cual se evaluó la utilización de un índice alternativo de deshidratación que asigna una ponderación diferencial, en función de los frutos en cada categoría y su grado de severidad.

Entonces se tiene que

$$ID = \left[ \frac{(S*3 + M*2 + L*1 + N*0)}{ntf*3} \right] * 100$$

Donde:

ID = índice de deshidratación

S = número de frutos en la categoría deshidratación severa.

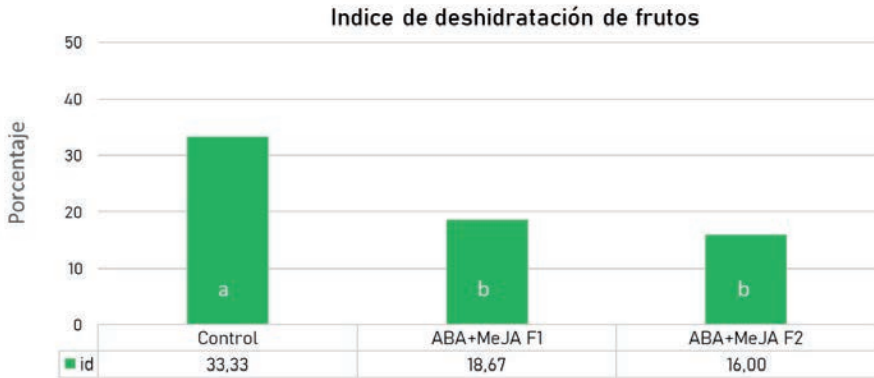
M = número de frutos en la categoría deshidratación moderada

L = número de frutos en la categoría deshidratación Leve

N = número de frutos en la categoría sin deshidratación

ntf = número total de frutos

Aplicando esta fórmula a los datos del gráfico anterior se obtiene:



**Figura 4.6.** Efecto de diferentes formulados (F1 y F2) de ácido abscísico (ABA) y metil jasmonato (MeJA) sobre la deshidratación de frutos en arándano de 30 días de almacenaje a 0°C + dos días de anaquel a 20°C. Letras distintas en la base de las barras indican diferencias estadísticas significativas (LSD Fisher;  $\alpha=0,05$ ).

La utilización de este índice puede ayudar a la comprensión de los resultados entregando una evaluación sensible de los efectos de los tratamientos y facilita la comparación entre diferentes muestras o experimentos. En este caso, se puede apreciar claramente que el uso de formulados en base a ABA+MeJA puede ayudar a disminuir la deshidratación de los frutos durante el almacenaje de postcosecha (Figura 4.6).

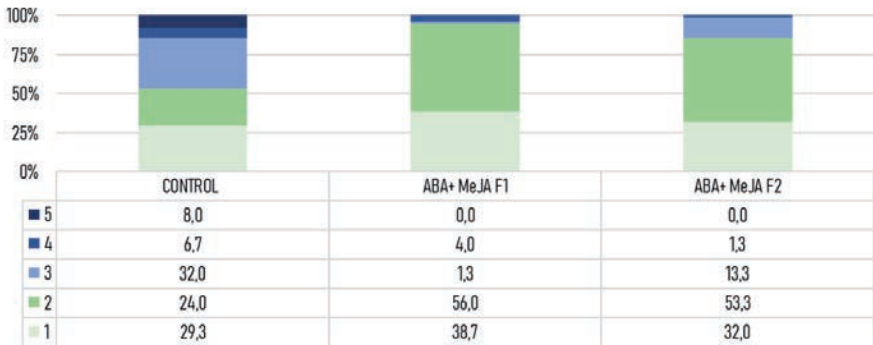
## 4.6 Pardeamiento interno

El pardeamiento de la pulpa de los arándano es un indicador importante de la calidad que varía en función del desarrollo de la maduración y la manipulación de los frutos, lo cual afecta también a otros parámetros de calidad como la firmeza, el sabor y el desarrollo de microorganismos. De esta forma, frutos sobre maduros o con machucones tenderán a presentar problemas de pardeamiento de la pulpa y desarrollo de sabores anormales y ablandamiento. Asimismo, se ha reportado que, en arándano, la firmeza inicial del fruto condicionará el desarrollo de pardeamiento interno, siendo los frutos más blandos aquellos que presentarían una mayor condición de pardeamiento (Moggia et al., 2017b).

El pardeamiento interno de los arándanos puede deberse al disgregamiento de los tejidos del fruto, lo que lleva a la oxidación de compuesto fenólicos (Studman, 1997; Kader et al., 1997). Si bien se ha investigado ampliamente el papel del ácido abscísico en la regulación de la maduración y senescencia de la fruta, la relación directa entre el ABA y el pardeamiento interno aún no está completamente establecida. Aunque existen pocos estudios al respecto, se ha sugerido que el ABA podría reducir el pardeamiento interno durante la postcosechas de algunos productos vegetales (Zhang et al., 2015); (Castro-Cegrí, 2023). Sin embargo, se requiere de investigaciones adicionales para determinar su rol específico en este fenómeno. Por otra parte, se ha demostrado que la aplicación de ácido jasmónico tanto en pre como postcosecha en frutos, puede inhibir la expresión y la actividad de la enzima polifenil oxidasa (PPO), lo que posteriormente reduce la reacción enzimática de pardeamiento. Este efecto se ha evidenciado en varias frutas, como arándano (Huang et al., 2015), manzanas (Rudell et al., 2005), peras (Qingguo, 2013) y otros frutos (Reyes-Díaz et al., 2016).

En arándanos el pardeamiento se puede evaluar en función del grado de pardeamiento interno que ésta presente, en una escala de 1 a 5, siendo 1 la fruta sin pardeamiento de pulpa, 2; fruta con pardeamiento leve, 3; pardeamiento moderado, 4; pardeamiento alto y 5; pardeamiento severo. Nuestros resultados indican que en el tratamiento control el 36% de los frutos presentó pardeamiento interno desde moderado a severo, mientras que en los tratamientos de ABA + MeJA F1 y ABA + MeJA F2 el porcentaje de frutos afectados fue sólo del 5,3% y 14,6% respectivamente (Figura 4.7).

### Pardeamiento interno



**Figura 4.7.** Efecto de diferentes formulados (F1 y F2) de ácido abscísico (ABA) y metil jasmonato (MeJA) sobre la incidencia de pardeamiento interno en arándano de 30 días de almacenaje a 0°C + dos días de anaquel a 20°C. 1 la fruta sin pardeamiento de pulpa, 2; fruta con pardeamiento leve, 3; pardeamiento moderado, 4; pardeamiento alto y 5; pardeamiento severo.

Al igual que en el caso anterior, la distribución porcentual del pardeamiento interno por categorías de cada tratamiento puede transformarse a un índice de pardeamiento a través de la ponderación diferencial del daño y el número de frutos en cada categoría.

$$IPI = \left[ \frac{(S*4 + A*2 + M*2 + L*1 + N*0)}{ntf*4} \right] * 100$$

Donde:

ID = índice de pardeamiento interno

S = número de frutos en la categoría pardeamiento severo.

A = número de frutos en la categoría pardeamiento alto.

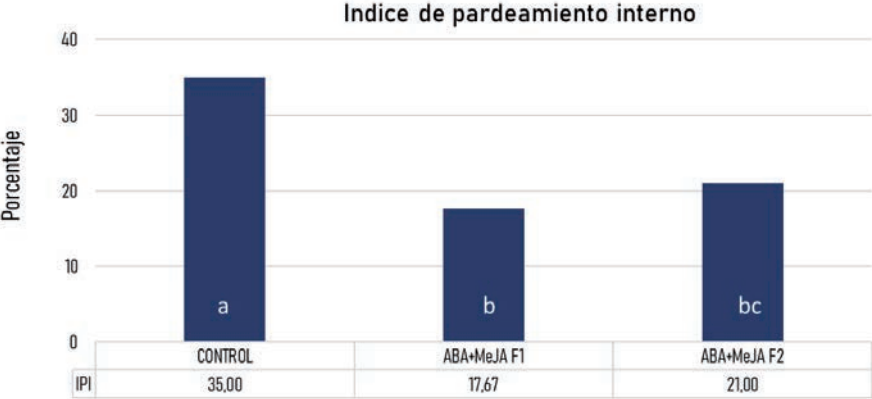
M = número de frutos en la categoría pardeamiento moderado

L = número de frutos en la categoría pardeamiento leve

N = número de frutos en la categoría sin pardeamiento

ntf = número total de frutos

De esta forma, el mayor valor del índice de condición corresponderá a muestras sin pardeamiento. De acuerdo a éste, ambos tratamientos de aplicación de formulados en base a ABA+MeJA en precosecha incrementan la condición de los frutos en el almacenaje, reduciendo el pardeamiento interno de los frutos (Figura 4.8).



**Figura 4.8.** Efecto de diferentes formulados (F1 y F2) de ácido abscísico (ABA) y metil jasmonato (MeJA) sobre el pardeamiento interno de frutos en arándano de 30 días de almacenaje a 0° C + dos días de anaquel a 20°C. Letras distintas en la base de las barras indican diferencias estadísticas significativas (LSD Fisher;  $\alpha=0,05$ ).

## 4.7 Conclusiones

La aplicación de inductores hormonales como el ácido abscísico y el metil jasmonato en precosecha a plantas de arándano mejora la calidad de los frutos, incrementando su firmeza, el contenido de ácidos y reduciendo la deshidratación. Además, se observó un positivo efecto de estas hormonas en la reducción de las pudriciones de frutos y el pardeamiento interno.

Estos resultados indican que la aplicación de ácido abscísico y metil jasmonato en arándano puede ser una herramienta efectiva para mejorar la calidad y la conservación de los frutos, optimizando sus características físicas y químicas, así como su resistencia a enfermedades. Los resultados derivados del proyecto son relevantes para la industria agrícola y pueden tener un impacto positivo en la comercialización y consumo de esta fruta. Es importante destacar

que se requieren más investigaciones para comprender completamente los mecanismos involucrados y establecer las mejores prácticas de aplicación de estos inductores hormonales en el cultivo de arándanos.

## 4.8 Referencias

- Balbontín, C., Gutiérrez, C., Wolff, M., & Figueroa, C. R. (2018).** Effect of abscisic acid and methyl jasmonate preharvest applications on fruit quality and cracking tolerance of sweet cherry. *Chil. J. Agric. Res.*, 78, 438–446. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392018000300438>
- Beaudry, R. (1992).** Blueberry quality characteristics and how they can be optimized. In *Annual Report of the Michigan State Horticultural Society*, 122nd ed. (pp. 140–145). East Lansing, MI, USA: Michigan State Horticultural Society.
- Castro-Cegri, A., Sierra, S., Hidalgo-Santiago, L., Esteban-Muñoz, A., Jamilena, M., Garrido, D., & Palma, F. (2023).** Postharvest Treatment with Abscisic Acid Alleviates Chilling Injury in Zucchini Fruit by Regulating Phenolic Metabolism and Non-Enzymatic Antioxidant System. *Antioxidants*, 12(1), 211. <https://doi.org/10.3390/antiox12010211>
- Duan, J., Wu, R., Strik, B. C., & Zhao, Y. (2011).** Effect of edible coatings on quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. *Postharvest Biol. Technol.*, 59, 71–79. [https://doi.org/\[CrossRef\]](https://doi.org/[CrossRef])
- El-Mogy, M. M., Ali, M. R., Darwish, O. S., & Rogers, H. J. (2019).** Impact of salicylic acid, abscisic acid, and methyl jasmonate on postharvest quality and bioactive compounds of cultivated strawberry fruit. *Journal of Berry Research*.
- Gutiérrez, C., Figueroa, C. R., Turner, A., Munné-Bosch, S., Muñoz, P., Schreiber, L., ... & Balbontín, C. (2021).** Abscisic acid applied to sweet cherry at fruit set increases amounts of cell wall and cuticular wax components at the ripe stage. *Scientia Horticulturae*, 283, 110097. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110097>
- Hancock, J.F., Callow, P.W., Serçe, S., Hanson, E.J., & Beaudry, R. M. (2008). Effect of Cultivar, Controlled Atmosphere Storage, and Fruit Ripeness on the Long-term Storage of Highbush Blueberries. *Horttechnology*, 18, 199–205.

- Huang, X., Li, J., Shang, H., & Meng, X. (2015).** Effect of methyl jasmonate on the anthocyanin content and antioxidant activity of blueberries during cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(2), 337–343.
- Kader, F., Rovel, B., Girardin, M., & Metche, M. (1997).** Mechanism of browning in fresh highbush blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L). Role of blueberry polyphenol oxidase, chlorogenic acid and anthocyanins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74, 31–34.
- Moggia, C., Beaudry, R. M., Retamales, J. B., & Lobos, G. A. (2017a).** Variation in the impact of stem scar and cuticle on water loss in highbush blueberry fruit argue for the use of water permeance as a selection criterion in breeding. *Postharvest Biology and Technology*, 132, 88–96. ISSN 0925–5214.
- Moggia, C., Graell, J., Lara, I., González, G., & Lobos, G. A. (2017b).** Firmness at harvest impacts postharvest fruit softening and internal browning development in mechanically damaged and non-damaged highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Frontiers in Plant Science*, 8.
- Qingguo, W. (2013).** Effect of Methyl Jasmonate on Peel Browning of Postharvest Huangguan Pear. *Food and Fermentation Technology*.
- Reyes-Díaz, M. M., Lobos, T. E., Cardemil, L., Nunes-Nesi, A., Retamales, J. B., Jaakola, L., Alberdi, M. R., & Ribera-Fonseca, A. (2016).** Methyl Jasmonate: An Alternative for Improving the Quality and Health Properties of Fresh Fruits. *Molecules*, 21.
- Romero, P., & Lafuente, M. T. (2020).** Abscisic Acid Deficiency Alters Epicuticular Wax Metabolism and Morphology That Leads to Increased Cuticle Permeability During Sweet Orange (*Citrus sinensis*) Fruit Ripening. *Frontiers in Plant Science*, 11.
- Rudell, D. R., Fellman, J. K., & Mattheis, J. P. (2005).** Preharvest Application of Methyl Jasmonate to 'Fuji' Apples Enhances Red Coloration and Affects Fruit Size, Splitting, and Bitter Pit Incidence. *HortScience*, 40(6), 1760–1762. Retrieved May 18, 2023, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.6.1760>
- Studman, C. (1997).** Factors affecting the bruise susceptibility of fruit. In G. Jeronimidis and J. F. V. Vincent (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference of Plant Biomechanics* (pp. 273–281). Reading: University of Reading.



- Wang, H., Kou, X., Wu, C., Fan, G., & Li, T. (2020).** Methyl jasmonate induces the resistance of postharvest blueberry against gray mold caused by *Botrytis cinerea*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- 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>
- Yan, Y., & Castellarin, S. D. (2022).** Blueberry water loss is related to both cuticular wax composition and stem scar size. *Postharvest Biology and Technology*, 188, 111907. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.111907>
- Yao, H., & Tian, S. (2005).** Effects of pre- and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. *Postharvest Biology and Technology*, 35, 253-262.
- 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>
- Yan, X., Yan, J., Pan, S., & Yuan, F. (2020).** Changes of the Aroma Composition and Other Quality Traits of Blueberry 'Garden Blue' during the Cold Storage and Subsequent Shelf Life. *Foods*, 9. [10.3390/foods9091223](https://doi.org/10.3390/foods9091223).
- Zhang, Q., Liu, Y., He, C., & Zhu, S. (2015).** Postharvest exogenous application of abscisic acid reduces internal browning in pineapple. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63 22, 5313-20