

COMPORTAMIENTO BAJO TEMPERATURAS DE REFRIGERACIÓN, DEL FRUTO DE ARÁNDANO (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) VAR. BILOXI, PRODUCIDO EN EL ESTADO DE OAXACA

BEHAVIOR UNDER REFRIGERATION TEMPERATURES, OF THE FRUIT OF CRANBERRY (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) VAR. BILOXI, PRODUCED IN THE STATE OF OAXACA

Autores: Bethuel Blanco Serrano
Pedro Benito Bautista
Nelly Arellanes Juárez

Institución: Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Unidad Oaxaca

Correo electrónico: betxu1@hotmail.com

RESUMEN

El arándano es un fruto climatérico sensible a la humedad, daños físicos y enfermedades, la alta fragilidad del fruto después del corte requiere de sistemas de manejo apropiados, en los cuales, las variables de baja temperatura y alta humedad relativa son vitales para mantener sus características de calidad, porque permiten desacelerar el proceso de deterioro fisiológico y patológico y evitar pérdida en la calidad. El cultivo de esta especie se realiza mayoritariamente en zonas frías, por lo que para preservar la calidad del fruto fresco se requiere de la inmediata aplicación de sistemas de pre-enfriamiento rápido y condiciones de temperatura de -0.6 a 2 °C, y humedad relativa de 90-95%, que deben mantenerse dentro de la cadena de frío hasta llegar al consumidor. Las temperaturas de las regiones de producción de este fruto en el estado de Oaxaca (Sierra Norte y Valles centrales) fueron de 10 y 20 °C, diferentes a las de las de origen del cultivo, por lo que este estudio pretendió definir el comportamiento del fruto cultivado en el estado de Oaxaca a temperaturas de refrigeración más altas de las recomendadas para frutos que se siembran en

condiciones climáticas originales. Los resultados indican que los frutos mantienen una buena calidad por tres semanas cuando se almacenan a temperaturas de refrigeración de 5°, y por dos semanas cuando se conservan a 10°C.

Palabras clave: Antioxidantes, Antocianinas, Fenoles, Manejo Postcosecha.

ABSTRACT

Blueberry is a fruit climacteric sensitive to its moisture, physical damage and diseases, the high fragility of the fruit after the harvest requires of systems of management appropriate, in which, these variables of low temperature and high relative humidity are vital to keep their quality features, since they allow slow the process of physiological and pathological deterioration and avoid loss in quality. The cultivation of this species is carried out mainly in cold areas, so to preserve the quality of the fresh fruit is required for the immediate implementation of systems for rapid pre-cooling and temperatures from - 0.6 to 2 ° C, and relative humidity of 90-95%, which should remain within the cold chain until you reach the consumer. Temperatures in the regions of production of this fruit in the State of Oaxaca (Sierra Norte and Valley Central) were 10 and 20 ° C, other than those of the origin of the crop, so this study sought to define the behavior of the fruit grown in the State of Oaxaca at refrigeration temperatures of those recommended for fruits that are planted in original climatic conditions. The results indicate that the fruits maintain good quality for three weeks when stored at temperatures of 5 ° cooling, and for two weeks when stored at 10 ° C.

Keywords: Antioxidants, Anthocyanins, Phenols, Post-Harvest Management.

INTRODUCCIÓN

La inclinación creciente de los consumidores en seguir una alimentación sana, demanda de la producción de productos naturales con alto valor nutricional y de preferencia que protejan su salud, esta situación ha impulsado la producción de arándano y de acuerdo a los productores es un fruto rentable, de tal forma que en la última década el consumo de arándano fresco registró un aumento de casi 500%. Esta demanda ha superado la producción de los países de origen del fruto y se ha

recurrido a la búsqueda de variedades híbridas que requieran menor cantidad de frío a través del mejoramiento genético, para extender nuevas áreas de producción. México, aprovechando las variedades de bajo requerimiento de frío (entre 200 y 600 h bajo 7 °C), ha cultivado este fruto, cuya adaptación ha sido exitosa, de tal forma que en el año 2013 alcanzó una producción de 10,700 toneladas anuales cuyo cultivo se ha extendido a estados como: Jalisco, Michoacán, Puebla, Estado de México, Colima, Sonora, Sinaloa, Hidalgo, Veracruz, Baja California y Chihuahua, Uno de los principales problemas que presenta el manejo del fruto después de la cosecha, es mantener la calidad del mismo hasta llegar al consumidor, la cual depende de factores como: variedad, condiciones agroecológicas de producción, estado madurez en el momento de corte, prácticas de manejo, almacenamiento y empaque (Concha-Meyer et al., 2015). La alta fragilidad del fruto requiere de sistemas de manipulación a baja temperatura y alta humedad relativa, porque son los factores más importantes para desacelerar el proceso de deterioro fisiológico y patológico de los productos hortofrutícolas frescos. El arándano, no es susceptible a temperaturas bajas en poscosecha (Kader 2002), por el contrario, los antecedentes reportan que debe ser almacenado a temperaturas entre 0 y 2.0 °C (Schotsmans et al., 2007). Es necesario realizar estudios sobre el comportamiento del fruto cultivado en condiciones agroecológicas diferentes a las del origen. En este sentido se realizó el estudio integral para el establecimiento, producción y aprovechamiento del arándano (*Vaccinium* spp) en dos regiones del estado de Oaxaca, incluyendo el comportamiento del fruto a temperaturas de refrigeración.

El género *Vaccinium* spp tiene una amplia diversidad de especies, que se desarrollan en diferentes condiciones agroecológicas. Por su origen, el arándano azul o highbush (*Vaccinium corymbosum* L.), es resistente al frío y es la especie más cultivada en sus países de origen y alrededor del mundo (Lobos y Hancock, 2015). Esta amplia diversidad genética ha dado origen a variedades híbridas con bajo (200 y 600 h bajo 7 °C), o nulo requerimiento de frío, que permiten ampliar las áreas de producción en zonas más cálidas como Florida, estados del Golfo de

México y zonas interiores y costeras de California y Chile (Undurraga y Vargas, 2013).

Los arándanos son frutos climatéricos, que pueden ser separados de la planta después de alcanzar su madurez fisiológica y llegar a su madurez de consumo durante el almacenamiento, debido a su alta demanda y beneficios prácticos en su manejo, su cosecha se realiza cerca de la madurez de consumo, lo cual los hace más susceptibles al daño mecánico, enfermedades y a la pérdida de nutrientes (Ochmian et al., 2015; Rincón et al., 2012). Para evitar los daños se recomiendan prácticas de manejo, entre las que destaca eliminar el calor de campo con aire forzado mediante un sistema de pre-enfriamiento rápido antes de haber transcurrido 4 h, a partir del corte (Kozos et al., 2014; Figueroa et al., 2010). Además de evitar daños físicos del fruto durante su cosecha y manejo poscosecha (Chiabrande, 2009), éstos reducen su valor nutricional (Gonçalves et al., 2015) y pueden conducir al rápido crecimiento de hongos (Figueroa et al., 2010). La pérdida de peso es otro daño que puede sufrir el fruto durante el corte, transporte, empaque y almacenamiento, debido a su manejo con bajos niveles de humedad relativa y temperaturas relativamente altas (Paniagua et al., 2013).

Entre las principales preocupaciones en el manejo poscosecha de este fruto, está el evitar la pérdida de sus propiedades antioxidantes atribuidas a los compuestos fenólicos y principalmente a las antocianinas, lo que ha despertado gran interés debido a sus beneficios a la salud humana, tales como en el tratamiento y prevención del cáncer, enfermedades cardiovasculares y otras patologías de carácter inflamatorio. La composición de tales compuestos puede cambiar en función a las condiciones de almacenamiento y a otros tratamientos previos al proceso (Eum et al., 2013; Rincón et al., 2012).

Para reducir los daños a los frutos durante el manejo poscosecha, se han hecho diferentes propuestas que implican la aplicación únicamente de frío (Eum et al., 2013; Rincón et al., 2012), frío en conjunto con atmósferas modificadas y controladas (Duarte et al., 2009; Zheng et al., 2003 y 2008), atmósferas controladas y ozono (Concha-Meyer et al., 2015) y atmósferas con 1-metil-ciclo-propeno (Chiabrande y Giacalone, 2011). Adicionalmente se sugieren pretratamientos para

controlar la maduración y las pudriciones mediante fumigaciones con hexanal (Song et al., 2010), dióxido de cloro (Chun et al., 2013), dióxido de azufre (Cantina et al., 2012; Rivera et al., 2013), 1-metil-ciclo-propeno (DeLong et al., 2003), películas comestibles (Duan et al., 2011) además de tratamientos térmicos (Arancibia-Avila et al., 2012), irradiaciones (Trigo et al., 2006) y aceites esenciales (Polashock et al., 2007). Una de las ventajas de la utilización de atmósferas controladas (15-20% de CO₂) es que impiden el desarrollo de Botrytis y otros hongos (Moggia et al., 2012). En México, las experiencias adquiridas recomiendan cortar los frutos totalmente azules durante las primeras horas de la mañana, libres de rocío, utilizando recipientes reciclables y biodegradables y colocarlos en sistemas de manejo a 0 °C, tan pronto como sea posible para que alcancen una vida de anaquel de 4-6 semanas (Fundación Jalisco 2008; Eum et al., 2013).

Debido a la producción exitosa de arándano en Oaxaca y considerando las ventajas socioeconómicas que puede traer su comercialización, se desarrolló el estudio de evaluación del comportamiento de la calidad del fruto de arándano almacenado bajo temperaturas de refrigeración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con frutos de arándano de la variedad Biloxi, cultivados en Santa Inés del Monte, Zaachila Oaxaca, cosechados en etapa de madurez comercial (color azul intenso en la totalidad de la epidermis del fruto). Los frutos fueron lavados con agua potable y se dejaron secar al aire, posteriormente se formaron 36 lotes de 40 frutos, divididos en tres grupos con cuatro repeticiones cada uno, los cuales se colocaron en charolas y se almacenaron en tres temperaturas: 5, 10 y 25°C con HR entre 80-85%. Cada semana (0, 1, 2, 3 y 4), se retiró un lote de cada temperatura para el análisis de las variables: peso, resistencia a la penetración, sólidos solubles, color, acidez titulable, azúcares reductores totales, fenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante, utilizando la siguiente metodología: Peso (método gravimétrico del AOAC, 2012); Diámetros y forma. (Micrómetro digital marca Mitutoyo y calculó de la forma del fruto mediante la relación Dp/De); Resistencia a la penetración (medidor de textura marca Stable Micro Systems, modelo TA-TX2i);

Color de la piel (medición de las coordenadas a^* , b^* y L del sistema CIELAB con colorímetro PCE-TCR 200 de acuerdo a McGuirre (1992); Sólidos solubles (refractómetro Atago modelo Automatic según método del AOAC, 2012). Acidez titulable (AOAC, 2012). Azúcares reductores totales (ácido 3,5-dinitrosalicílico de Miller, 1959). Extracto para la medición de fenoles, antocianinas y actividad antioxidante de acuerdo a Brand-Williams et al., 1995, modificado por Zapata et al., 2014); Fenoles totales (método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (Giusti y Wrolstad, 2001); Antocianinas totales (método de pH diferencial de Giusti et al., 1999) Actividad antioxidante (método DPPH de Brand-Williams et al., 1995, modificado por Zapata et al., 2014). Para el análisis de los resultados se realizó un análisis de varianza y prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) usando el programa Statgraphics Centurion XVI.II (Statpoint Technologies, Inc.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de Peso. El análisis estadístico indicó diferencias en la pérdida de peso entre los frutos cultivados en Santa Inés del Monte y los comerciales, por el tiempo de almacenamiento. Los frutos comerciales alcanzaron una pérdida paulatina hasta alcanzar 42.8% en las cuatro semanas de estudio, mientras que los cultivados en Santa Inés del Monte llegaron a 53.6% en el mismo periodo. Con relación a la temperatura de almacenamiento, después de una semana, los frutos sometidos a 5°C presentaron la menor pérdida (5.18%), seguidos por los almacenados a 10°C con 12.3% y la temperatura de 25°C provocó la pérdida más alta (35.8%). Este comportamiento creció de forma similar durante las siguientes tres semanas, a 5°C se alcanzaron pérdidas del 20.2%, a 10°C de 41.4% y a 25°C de 80.3% (Gráfico 1). Los datos obtenidos son más altos que los reportados por Chiabrando et al. (2009) y por Eum et al. (2013), quienes indican una pérdida de 4.0 % en 21 días de almacenamiento a 0°C, la diferencia puede ser debida a la humedad relativa utilizada. La apariencia de los frutos por la pérdida de peso permite deducir que el arándano puede ser almacenado por tres semanas a 5°C; dos semanas a 10°C y solo una semana a condiciones ambientales.

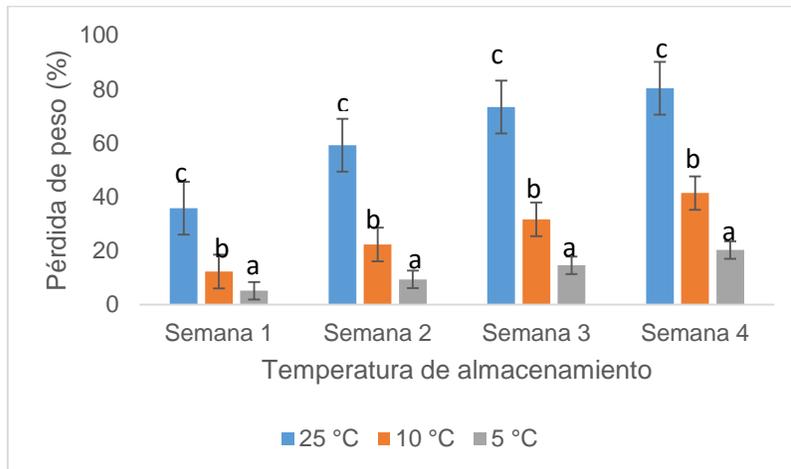


Gráfico 1. Pérdida de peso de arándanos en función de la temperatura de almacenamiento.

Color. El índice de matiz (H°) exhibió diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las muestras de arándano probadas, los frutos comerciales tuvieron un color más intenso con relación a los de Santa Inés del Monte con variaciones entre 6 y 24 unidades $^\circ H$, esta diferencia permaneció durante todo el tiempo de almacenamiento evaluado. En el caso de la temperatura (Gráfico 2), no se observaron cambios de color estadísticamente significativos (287-298), los frutos almacenados a $25^\circ C$ duraron una semana en condiciones comerciales, mientras que a 10 y $5^\circ C$ se mantuvieron las cuatro semanas de estudio. Los datos obtenidos son semejantes a los valores de 308 unidades H° , reportados por Zheng et al. (2008) para frutos almacenados por 35 días a $0^\circ C$, y de 298 unidades H° , para frutos mantenidos seis semanas a $2^\circ C$ (Kozos et al., 2014).

Firmeza. La comparación de los valores de firmeza ($p \leq 0.05$) indicó que existen diferencias significativas entre los dos grupos de frutos, los arándanos cultivados en Santa Inés del Monte presentaron los valores más altos con un promedio de 3.82N, y los comerciales un valor medio de 2.72N. La temperatura de $25^\circ C$ afectó diferentes características de calidad del fruto incluyendo la resistencia a la penetración con pérdidas de 2N después de una semana de almacén, mientras que las temperaturas de 5° y $10^\circ C$, mantuvieron por mayor tiempo la calidad comercial de los frutos (Gráfico 3). Los datos de pérdida de resistencia son similares a los

reportados por Gionco et al. (2013) y Rincón et al. (2012). El arándano, igual que otros frutos, pierde firmeza después de su cosecha por la actividad metabólica en la pared celular que causa el ablandamiento de los tejidos, cuya intensidad depende de factores como: especie, variedad y madurez y otras condiciones agroecológicas de la región del cultivo (Gionco et al., 2013).

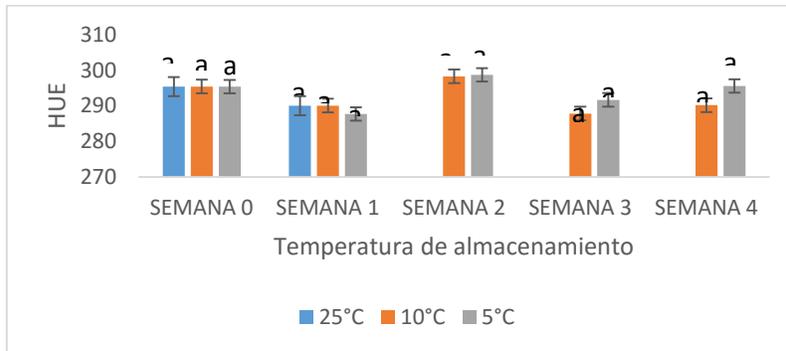


Gráfico 2. Comportamiento del color de arándanos en función de la temperatura de almacenamiento.

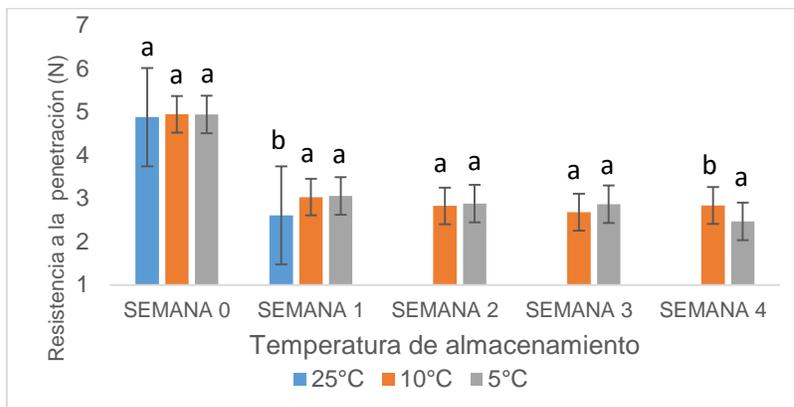


Gráfico 3. Comportamiento de la resistencia a la penetración de arándanos en función de la temperatura de almacenamiento.

Sólidos solubles. De acuerdo al análisis estadístico, la cantidad de sólidos solubles presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$, Tukey) de sólidos solubles entre los grupos de arándano durante el período de almacenamiento. Los resultados manifiestan que los frutos sembrados en los Valles Centrales de Oaxaca presentan los valores más altos con un promedio de 17.07 ± 0.5 °Brix en comparación con los

comerciales con valor promedio de $15.39 \pm 0.3^\circ\text{Brix}$. Los datos son similares a los reportados por Duarte et al. (2009), quienes encontraron valores de 14.02°Brix para frutos almacenados por 24 días a 0°C . Por su parte, Kozos et al. (2014) reportaron valores de 15.0°Brix para frutos almacenados por seis semanas a $2.0 \pm 0.2^\circ\text{C}$. La temperatura de almacenamiento de 25°C provocó cambios en el contenido de sólidos solubles de 14.1 a 20.5°Brix , en la primer semana, mientras que la de 10°C la llevó de 14.1 a 15.7°Brix ; la temperatura de 5°C no provocó cambios en el contenido de sólidos solubles. Las diferencias estadísticas entre los frutos almacenados a 5 y 10°C se mostraron por el resto del periodo de almacenamiento estudiado. Los resultados hacen suponer que las bajas temperaturas no modifican la cantidad de sólidos solubles, mientras que las temperaturas iguales y mayores a 10°C , aunadas al período de almacenamiento modifican ligeramente este contenido (Gráfico 4). Los resultados son similares a los reportados por Deng et al. (2014) quienes realizaron un estudio de almacenamiento de arándano por 25 días probando temperaturas de 4 y 25°C (temperatura ambiente), y concuerda con lo reportado por Figueroa et al. (2010), quienes sostienen que los frutos almacenados a 4 y 5°C tienen una tasa respiratoria de baja a moderada, pero se eleva considerablemente a temperatura ambiente.

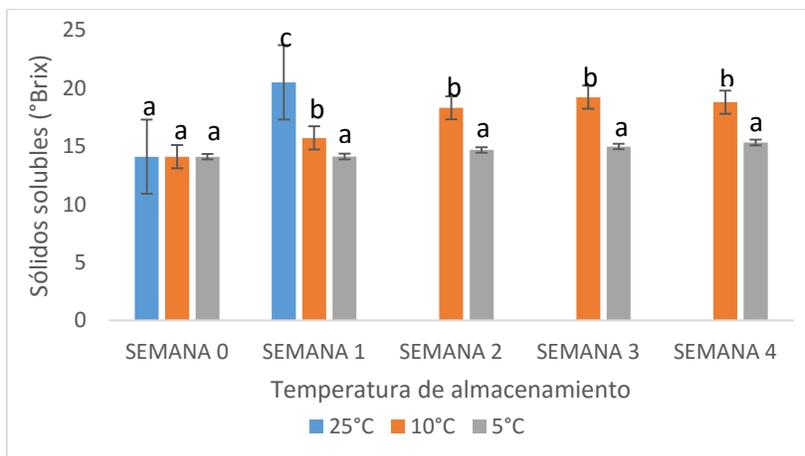


Gráfico 4. Comportamiento del contenido de sólidos solubles de arándanos en función de las condiciones de almacenamiento.

Azúcares reductores totales. De acuerdo al análisis estadístico ($p \leq 0.05$), los resultados muestran diferencias significativas entre estos compuestos de acuerdo a su origen de cultivo, los frutos comerciales presentaron valores de azúcares reductores de 9.6% antes de almacenar y 12.1% después de cuatro semanas, mientras que los frutos cultivados en Santa Inés del Monte mostraron valores de 10.01% a 12.15 % en las mismas fechas. En función de la temperatura, de igual manera hay diferencias significativas con un aparente aumento de azúcares que se da por la pérdida de peso en los frutos almacenados a 5 y 10°C (Gráfico 5). Ríos de Souza et al. (2014) reportaron valores de 14.67 ± 0.58 % de carbohidratos para diferentes variedades de arándano sembradas en Brasil, mientras Molina et al. (2008) reportaron valores entre 9.8 y 12.7 de azúcares en arándanos cultivados en Andalucía España, por su parte Skupien (2006) señaló valores entre 10.8 y 11.4 para arándanos cultivados en Polonia.

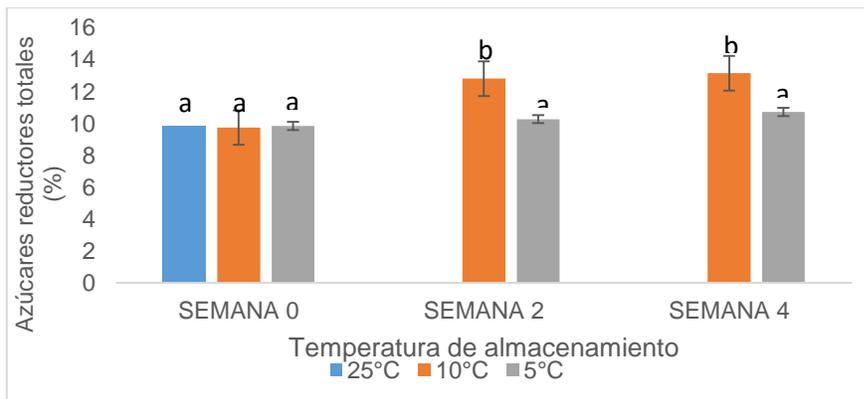


Gráfico 5. Comportamiento del contenido de azúcares reductores totales de arándanos en función de las condiciones de almacenamiento.

Acidez titulable. El análisis estadístico de la acidez titulable muestra diferencias significativas por el origen del fruto, con medias de 1.12 % de ácido cítrico para frutos comerciales y de 1.45% para los frutos cultivados en Santa Inés del Monte, lo cual puede ser debido tanto a la madurez en el momento de cosecha o la variedad. Los valores son mayores a los reportados (0.84%) por Duarte et al. (2009), para frutos almacenados 24 días a 0°C, así como a los reportados (0.87%) por Kozos et

al. (2014) para frutos de la variedad Brigitta Blue almacenados por seis semanas a $2.0 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$. Por otra parte, la acidez titulable no fue modificada en el periodo de almacenamiento a las temperaturas de 5 y 10°C (Gráfico 6).

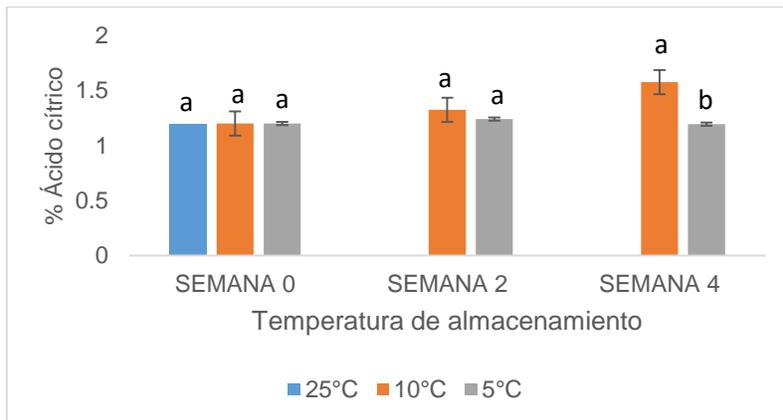


Gráfico 6. Comportamiento del contenido de sólidos solubles de arándanos en función de la temperatura de almacenamiento.

Antocianinas. El contenido de antocianinas presentó diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$, Tukey) entre los grupos de arándano, los cultivados en Santa Inés del Monte presentaron el valor más alto (432 mg cianidina/100g fruto fresco), mientras que los frutos comerciales presentaron un contenido de 86 mg cianidina/100g fruto fresco. Hubo una concentración de antocianinas por la pérdida de peso, la diferencia es notable y puede explicarse por la variedad del arándano y las condiciones agroecológicas del cultivo. Este cambio se observa también durante el período de almacenamiento a las temperaturas de 5 y 10°C , donde los frutos almacenados a 10°C presentan mayor pérdida de humedad y concentran las antocianinas, alcanzando valores de 352 mg cianidina/100g fruto fresco, mientras que los de 5°C solo llegan a 283 mg (Gráfico 7). Ochmian et al. (2015) reportaron valores de 193 mg cianidina/100g fruto fresco y de 119 mg para fruto almacenado por seis semanas a temperaturas entre $3-4^{\circ}\text{C}$. Por su parte, Zheng et al. (2003) reportaron valores de 182 ± 9 y 213 ± 8 mg para frutos recién cortados y después de 14 días de almacenamiento a 5°C como consecuencia de la pérdida de humedad.

Fenoles totales. El análisis presentó diferencias estadísticamente significativas, al inicio del estudio el contenido fue más alto para los frutos comerciales (438 mg equiv de ác gálico/100g de fruto fresco) en comparación a los frutos de Santa Inés del Monte (322 mg), sin embargo estos últimos no cambiaron a lo largo del periodo de estudio, mientras que los frutos comerciales bajaron su contenido hasta alcanzar 131 mg. El almacenamiento a temperaturas de 5 y 10°C no redujo totalmente la pérdida de fenoles al pasar de 380 a 228 mg después de cuatro semanas (Gráfico 8). Los resultados son semejantes a los de Zheng et al. (2003) quienes reportaron 313 a 348 mg después de 14 días de almacenamiento a 5°C.

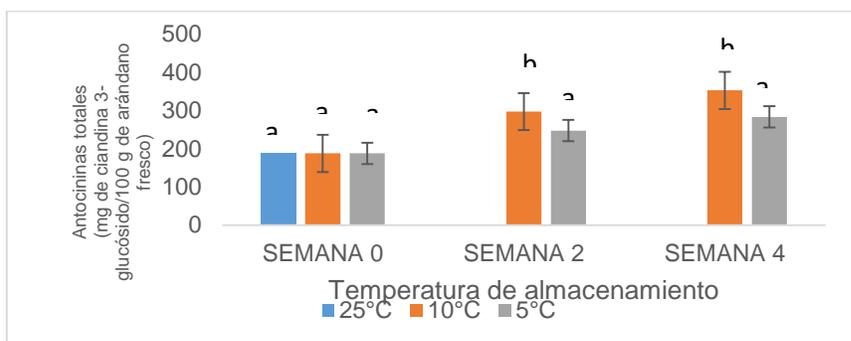


Gráfico 7. Comportamiento del contenido de antocianinas totales de arándanos en función de la temperatura de almacenamiento.

Fenoles totales. El análisis presentó diferencias estadísticamente significativas, al inicio del estudio el contenido fue más alto para los frutos comerciales (438 mg equiv de ác gálico/100g de fruto fresco) en comparación a los frutos de Santa Inés del Monte (322 mg), estos últimos no cambiaron a lo largo del periodo de estudio, mientras que los frutos comerciales bajaron su contenido hasta alcanzar 131 mg. El almacenamiento a temperaturas de 5 y 10°C no redujo totalmente la pérdida de fenoles al pasar de 380 a 228 mg después de cuatro semanas (Gráfica 8). Los resultados son semejantes a los de Zheng et al. (2003) quienes reportaron 313 a 348 mg después de 14 días de almacenamiento a 5°C.

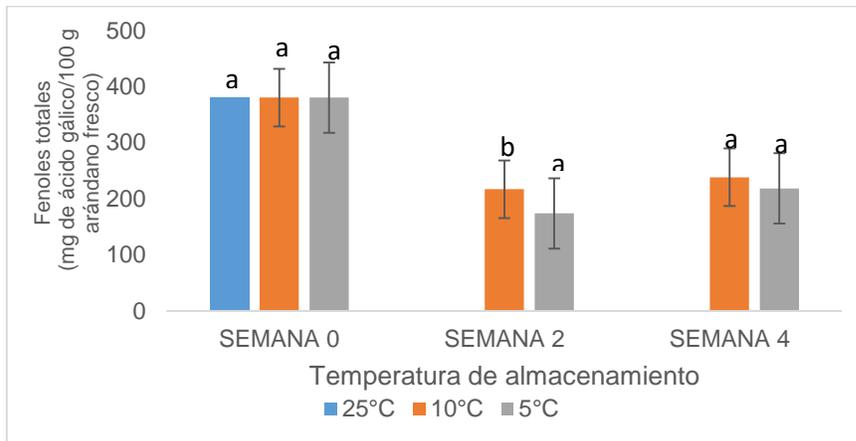


Gráfico 8. Comportamiento del contenido de fenoles totales de arándanos en función de la temperatura de almacenamiento.

Capacidad antioxidante. El análisis estadístico de la capacidad antioxidante, reportada como mg de trolox/100 g fruto fresco de arándano, presentó diferencias significativas durante el almacenamiento por efecto del origen del fruto, el contenido inicial de los frutos comerciales fue de 1820 mg, mientras que los de Santa Inés del Monte alcanzaron 3611mg, mismos que se mantuvieron por el lapso de 4 semanas que duró el estudio. Los frutos almacenados a la temperatura de 5 y 10°C que iniciaron con 2715 mg después de cuatro semanas presentaron un ligero incremento con 2952 y 2596 mg para las temperaturas de 10 y 5°C respectivamente (Gráfico 9). Gaviria et al. (2012), indican valores entre 3200 y 4800 mg de Trolox/100 g de fruto fresco para frutos en Colombia.

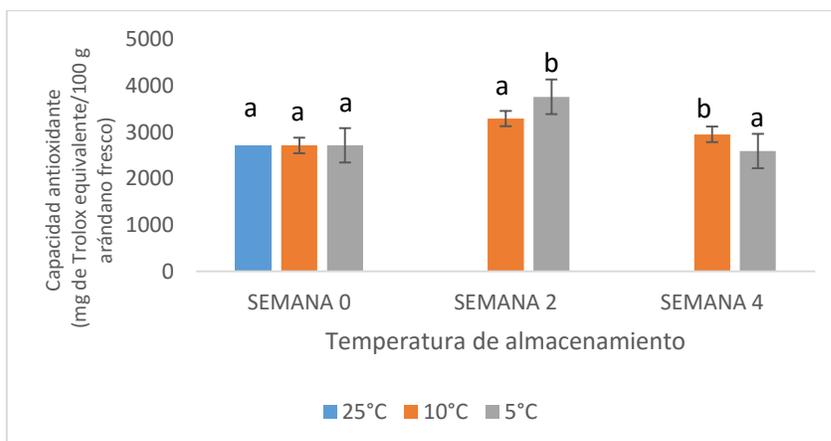


Gráfico 9. Capacidad antioxidante de arándanos en función de la temperatura de almacenamiento.

CONCLUSIONES

El cultivo de arándano en condiciones agroecológicas de baja temperatura, no modifica el comportamiento poscosecha del fruto. Las condiciones de temperatura (5, 10 25°C), tiempo (0, 1, 2 semanas) y humedad relativa (85-90%) de almacenamiento probadas, causa una marcada pérdida de peso durante el almacenamiento y en menor proporción el cambio el color del fruto. Las propiedades químicas relacionadas con el sabor de arándano, el contenido de sólidos solubles y acidez titulable, se modifican con la temperatura y el tiempo de almacenamiento, aunados a la pérdida de peso del fruto. Los compuestos fenólicos, particularmente las antocianinas, se incrementan de forma gradual en función de la temperatura y tiempo de almacenamiento, debido la pérdida de peso de los frutos. Las temperaturas de almacenamiento de 5 y 10°C mantienen la capacidad antioxidante de los frutos de arándano.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ARANCIBIA-AVILA, P. Y NAMIESNIK, J.; TOLEDO, F.; WERNER, E.; MARTINEZ-AYALA, A. L.; ROCHA-GUZMÁN, E.; GALLEGOS-INFANTE, J. A. Y GORINSTEINE, S.: *The influence of different time durations of thermal processing on berries quality*, Food Control 26: 587-593, 2012.
- AOAC: *Official methods of analysis of AOAC international. Association of Official Agricultural Chemists*, William Horwitz y George W. Latimer editors, 19th edition. Gaithersburg, MD, USA, 2012.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E. Y BERSET, C.: Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, pp.25-30, 1995.
- CANTÍNA, C.M.; MINAS, I.S.; GOULAS, V.; JIMÉNEZ, M.; MANGANARIS, G.A.; MICHAILIDES, T.J. Y CRISOSTO, C. H.: «Sulfur dioxide fumigation alone or in combination with CO₂-enriched atmosphere extends the market life of highbush blueberry fruit», *Postharvest Biology and Technology*, 67:84–91, 2012.

- CHIABRANDO, V.; GIACALONE, G. Y ROLLE, L.: «Mechanical behaviour and quality traits of highbush blueberry during postharvest storage», *J. Sci Food Agric.*, 89, pp.989–992, 2009.
- CHIABRANDO, V. Y GIACALONE, G.: «Shelf-life extension of highbush blueberry using 1-methylcyclopropene stored under air and controlled atmosphere», *Food Chemistry*, 126, pp.1812–1816, 2011.
- CHUN, H.H.; KANG, J. H. Y SONG, K. B.: «Effects of aqueous chlorine dioxide treatment and cold storage on microbial growth and quality of blueberries», *J. Korean Soc Appl, Biol, Chem.*, Vol.56, pp.309-315, 2013.
- DELONG, J.M.; PRANGE, R.K.; BISHOP, C.; HARRISON, P.A. Y RYAN, D.A.J.: «Influence of 1-MCP on shelf-life quality of highbush blueberry», *HortScience*, Vol.38:417-418, 2003.
- DUAN, J.; WUA, R.; STRIKB, B. C. Y ZHAOA, Y.: «Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions», *Postharvest Biology and Technology*, Vol.59, pp. 71–79, 2011.
- DUARTE, C.; GUERRA, M.; DANIEL, P.; CAMELO, A.L. Y YOMMI, A.: «Quality changes of highbush blueberries fruit stored in CA with different CO2 levels», *Journal of Food Science*, Vol.74, Núm.49, 2009.
- EUM, H. L.; HONG, S. C.; CHUN, C.; SHIN, I. S.; LEE, B. Y.; KIM, H. K. Y HON, S. J.: «Influence of Temperature during Transport on Shelf-life Quality of Highbush Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L. cvs. Bluetta, Duke)», *Hort. Environ. Biotechnol.*, Vol.54, Num.2, pp.128-133, 2013.
- FIGUEROA, S. D.; GUERRERO, C. Y BENSCH, T.: «Efecto de momento de cosecha y permanencia en huerto sobre la incidencia de hongos de poscosecha en arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.), cvs. Berkeley, Brigitta y Elliott durante la temporada 2005-2006», *IDESIA* (Chile), Vol.28, Num.2, pp. 9-19, 2010.
- Fundación Jalisco, Innovación y desarrollo, A. C.: «Arándano, el futuro», *Revista Innovar Jalisco*, pp.1-30, Jalisco México, 2008.
- GAVIRIA MONTOYA, C.; HERNÁNDEZ ARREDONDO, J. D.; LOBO ARIAS, M.; MEDINA CANO, C. I. Y ROJANO, B.A.: «Cambios en la Actividad Antioxidante en Frutos de Mortiño

- (*Vaccinium meridionale* Sw.) durante su Desarrollo y Maduración», *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, Vol.65, Num.1, pp. 6487-6495, 2012.
- GIUSTI, M.M.; RODRÍGUEZ-SAONA, L. E. Y WROLSTAD, R. E.: «Molar Absorptivity and Color Characteristics of Acylated and Non-Acylated Pelargonidin-Based Anthocyanins», *J. Agric. Food Chem.*, Vol.47, pp.4631-4637, 1999.
- GONÇALVES, C. F.; GUINÉ, R. P. F.; GONÇALVES D.DE LA F. Y COSTA, V. T. A.: *Physical-chemical properties of blueberry as influenced by production and conservation processes*, ICEUBI2015 - International Conference On Engineering 2015 – 2-4 Dec 2015 – University of Beira Interior – Covilhã, Portugal, 2015.
- KADER, A.A.: *Post-harvest technology of horticultural crops. Oakland: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Publication*, pp.535, 2002.
- KOZOS, K.; OCHMIAN, I. Y CHEŁPIŃSKI, P.: «The effects of rapid chilling and storage conditions on the quality of Brigitta Blue cultivar highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.)», *Folia Hort.*, Vol.26, Num.2, pp. 147-153, 2014.
- LOBOS, G.A. Y HANCOCK, J. F.: «Breeding blueberries for a changing global environment», *Frontiers in Plant Science*, Vol.6, pp.9, 2015.
- MILLER, G.L.: «Use of Dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar», *Analytical Chemistry*, Vol.31, pp. 426-428, 1959.
- MOGGIA, C.; LOBOS, G. Y RETAMALES, J.: «Beneficios del uso de atmósfera modificada para el almacenaje prolongado de arándanos», Especial Arándanos, *Revista frutícola*, Vol.3, pp. 35-40, Copefrut, Chile, 2012.
- MOLINA, J.M.; CALVO, D.; MEDINA, J.J.; BARRAU, C. Y ROMERO, F.: «Fruit quality parameters of some southern highbush blueberries (*Vaccinium x corymbosum* L.) grown in Andalusia (Spain)», *Spanish Journal of Agricultural Research*, Vol.6, Num.4, pp. 671-676, 2008.
- OCHMIAN, I.; KOZOS, K. Y MIJOWSKA, K.: «Influence of storage conditions on changes in physical parameters and chemical composition of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) Fruit during storage», *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, Vol.21, Num.1, pp. 178-183, 2015.

- PANIAGUA, A. C.; EAST, R.; HINDMARSH, J.P. Y HEYES, J.A.: «Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry», *Postharvest Biology and Technology*, Vol.79, pp. 13–19, 2013.
- POLASHOCK, J.J.; SAFTNER, R.A. Y KRAMER, M.: «Postharvest Highbush Blueberry Fruit antimicrobial Volatile Profiles in Relation to Anthracnose Fruit Rot Resistance», *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Vol.132, Num.6, pp.859–868, 2007.
- RINCÓN, S.M.; BUITRAGO GUACANEME, C. M.; LIGARRETO MORENO, G.A; TORRES APONTE, W.S Y BALAGUERA LÓPEZ, H.E.: «Comportamiento del Fruto de Agrad (Vaccinium meridionale Swartz) Cosechado en Diferentes Estados de Madurez y Almacenado en Refrigeración», *Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín*, Vol.65, Num.2, pp. 6621-6631, Universidad Nacional de Colombia, 2012.
- RÍOS DE SOUZA, V.; PIMENTA PEREIRA, P. A.; TEODORO DA SILVA, T.L.; DE OLIVEIRA LIMA, L. C.; PIO, R. Y QUEIROZ, F.: «Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits», *Food Chemistry*, Vol.156, pp. 362–368, 2014.
- RIVERA, S.A.; ZOFFOLI, J. P. Y LATORRE, B. A.: «Determination of optimal sulfur dioxide time and concentration product for postharvest control of gray mold of blueberry fruit», *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 83, pp.40–46, 2013.
- SONG, J.; FAN, L.; FORNEY, C.; CAMPBELL-PALMER, L. Y FILLMORE, S.: «Effect of hexanal vapor to control postharvest decay and extend shelf-life of highbush blueberry fruit during controlled atmosphere storage», *Can. J. Plant Sci.*, Vol.90, pp.359-366, 2010.
- SCHOTSMANS, W.; MOLAN, A. Y MACKAY, B.: «Controlled atmosphere storage of rabbiteye blueberries enhances postharvest quality aspects», *Postharvest Biology and Technology*, Vol.44, Num.3, pp. 277-285, 2007.
- UNDURRAGA, A. P. Y VARGAS, S.: *Manual del arándano*, Boletín INIA N° 263, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, pp.123, Chillán, Chile, 2013.

ZAPATA, L.; HEREDIA, A. M.; QUINTEROS, C. F.; MALLARET, A. D.; CLEMENTE, G. Y
CÁRCEL, J.A.: *Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos.*
Ciencia, Docencia y Tecnología, pp.66-192, 2014.