

¿Existe relación entre firmeza y contenido de materia seca en frutos de arándano?

Is there a relationship between firmness and dry matter content in blueberry fruits?

Existe relação entre firmeza e teor de matéria seca em frutos de mirtilo?

HIRZEL, J.¹; ROJAS, J.²; SEPÚLVEDA, D.³; ROJAS, S.⁴; RADRIGÁN, R.⁴

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Av. Vicente Méndez 515, Chillán, Chile.

²Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Av. Vicente Méndez 595, Chillán, Chile.

³Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, Av. Lircay S/N, Talca, Chile.

⁴Universidad de Concepción, Centro de Desarrollo Tecnológico Agroindustrial CDTA, Av. Vicente Méndez 595, Chillán, Chile.

E-mail: jhirzel@inia.cl

Resumen

La calidad de cosecha y poscosecha de los frutos de arándano (*Vaccinium* spp.) es un factor de mucha relevancia para el éxito comercial. Los principales indicadores de calidad de cosecha son calibre, peso, firmeza, apariencia de la fruta y condición sanitaria de frutos, y de poscosecha son firmeza y condición sanitaria. No obstante, algunas empresas comercializadoras y exportadoras de arándano utilizan el contenido de materia seca (MS) de frutos como indicador de calidad de poscosecha, dada la facilidad en la determinación de este atributo en la fruta. Sin embargo, no existen reportes científicos que indiquen que la MS de frutos sea un indicador robusto de su calidad. El objetivo de este estudio fue evaluar la relación entre firmeza y contenido de MS como indicadores de calidad en frutos de arándano. Se evaluó la relación de firmeza y contenido de MS al inicio del periodo de cosecha en frutos de arándano de cuatro cultivares, Rabbiteye ('Brightwell' y 'Ochlockonee') y Highbush ('Aurora' y 'Liberty'). Los cultivares evaluados presentaron diferencias en la firmeza de frutos ($P < 0,05$), sin segregar entre cvs. Rabbiteye o Highbush. A su vez, estos cultivares presentaron diferencias en el contenido de MS de frutos ($P < 0,05$), con mayores valores en cultivares Rabbiteye. Finalmente se determinó que no existe relación entre la firmeza y el contenido de MS en frutos de arándano. En consecuencia, el contenido de MS en frutos de arándano no constituye un atributo robusto que pueda ser usado como indicador de calidad de poscosecha.

Palabras clave: Arándanos, firmeza, contenido de materia seca.

Introducción

La producción de arándano en Chile se desarrolla en una superficie de 15.800 hectáreas (ODEPA, 2016). La condición de contra estación confiere a Chile y a países del hemisferio sur la ventaja comercial de proveer con fruta fresca fuera de temporada al hemisferio norte (Moggia *et al.*, 2016). Considerando que la principal vía de transporte es oceánica, se requiere producir

frutos de alta calidad y consistencia, para cumplir con las exigencias en el país de destino (Leiva-Valenzuela *et al.*, 2013). Los principales indicadores de calidad del arándano están relacionados con la apariencia de la fruta (color, presencia de cera epicuticular, tamaño, forma), textura o firmeza (Matiacevich *et al.*, 2011), y condición sanitaria. Por otra parte, los nutrientes mine-

Summary

*Harvest and postharvest quality of blueberry fruits (*Vaccinium* spp.) is a relevant factor for commercial success. The main indicators of harvest quality are fruit caliber, weight, firmness, and sanitary condition, and postharvest quality indicators are fruit firmness and sanitary condition. However, some blueberry wholesale and exporting companies use dry matter (DM) content of fruit as a postharvest quality indicator, due to its easy determination in fruit. Nevertheless, there are no scientific reports indicating that DM is a strong quality indicator. The objective of this study was to evaluate the relation between firmness and DM content as fruit quality indicator for blueberry. Relation between fruit firmness and DM content was evaluated at the beginning of harvest period of four blueberry cultivars, belonging to Rabbiteye ('Brightwell' and 'Ochlockonee') and Highbush ('Aurora' and 'Liberty'). The cultivars evaluated showed differences in fruit firmness ($p < 0.05$), regardless of type (Rabbiteye or Highbush). These cultivars presented differences in fruit DM content ($p < 0.05$), with higher values in Rabbiteye. No relation was determined between firmness and DM content in blueberry fruit. Consequently, fruit DM content is not a strong attribute to be used as indicator of blueberry postharvest quality.*

Key words: Blueberry, firmness, dry matter content.

Resumo

*A qualidade da colheita e da pós-colheita de frutos de mirtilo (*Vaccinium* spp.) é um fator muito importante para o sucesso comercial. Os principais indicadores de qualidade da colheita são: calibre, peso, firmeza, aparência e condição sanitária. E no caso da pós-colheita, a firmeza e a condição sanitária. Ainda assim, algumas empresas comercializadoras e exportadoras de mirtilo utilizam o teor de matéria seca (MS) dos frutos como indicador de qualidade da pós-colheita, dada a facilidade da determinação desse atributo na fruta. No entanto, não existem evidências científicas que indiquem que a MS dos frutos seja um indicador robusto da sua qualidade. O objetivo deste estudo foi avaliar a relação entre firmeza e teor de MS como indicadores de qualidade em frutos de mirtilo. A avaliação foi feita em quatro cultivares, Rabbiteye ('Brightwell' y 'Ochlockonee') como Highbush ('Aurora' y 'Liberty'), no início do período da colheita. Os cultivares avaliados apresentaram diferenças na firmeza dos frutos ($P < 0,05$), sem segregar entre cvs. Rabbiteye ou Highbush. Por sua vez, esses cultivares apresentaram diferenças no teor de MS dos frutos ($P < 0,05$), com valores mais elevados nos cultivares de Rabbiteye. Por fim, determinou-se que não há relação entre a firmeza e o teor de MS nos frutos de mirtilo. Consequentemente, o teor de MS não é um atributo robusto que possa ser usado como indicador de qualidade pós-colheita.*

Palavras-chave: mirtilo, firmeza, teor de matéria seca.

rales afectan la calidad de la fruta, donde destacan principalmente el potasio, nitrógeno y calcio (Tagliavini *et al.*, 2000). Sin embargo, estudios recientes realizados en Chile para frutos de arándanos indican mucha variabilidad en los contenidos nutricionales de frutos entre cultivares (Hirzel, 2017), con poca información consistente que permita asociar calidad de frutos con su contenido de nutrientes, como por ejemplo con el contenido de calcio (Vance *et al.*, 2017).

La firmeza de la fruta es un atributo de calidad en el arándano (Yang *et al.*, 2009; Retamales *et al.*, 2014) y es el ablandamiento excesivo uno de los principales factores que la reducen y limitan la comercialización para el consumo fresco (Angeletti *et al.*, 2010). Este parámetro hasta el momento se utiliza para describir la textura del fruto, y está asociada principalmente al tamaño de las células de la piel y la forma de las capas celulares subyacentes del pericarpio (Giongo *et al.*, 2013). Durante el ablandamiento de la fruta, la pérdida de firmeza se asocia con la disminución de la pectina total soluble en agua y el desmontaje de las estructuras de la pared celular primaria y de la lámina media (Giongo *et al.*, 2013). Los cambios en la estructura y composición de la pared celular se deben a la acción compuesta de las enzimas hidrolíticas poligalacturonasa, pectinesterasa, b-galactosidasa, pectinasa (PL), y celulasa (Brummell y Harpster, 2001).

Leiva-Valenzuela *et al.* (2013) sugieren medir la pendiente de las curvas fuerza/deformación para determinar firmeza de frutos de arándano, sometiendo los frutos a una compresión por dos placas paralelas, bajo una velocidad de carga constante. En base a este método se desarrolló un instrumento comercial llamado Firmtech (FirmTech Fruit Firmness, BioWorks Inc., Wamego, USA) que permite realizar mediciones de firmeza en arándano con objetivo comercial (Prussia *et al.*, 2006). Al respecto, Retamales *et al.* (2014) utilizando el equipo Firmtech, señalan valores de firmeza en frutos de arándano cultivar 'Duke' desde 204,5 a 212,0 g mm⁻¹ al momento de cosecha, con una reducción a valores desde 79,9 a 89,5 g mm⁻¹ después de 30 días (d) de almacenaje en condiciones de frío + 5 d de guarda a temperatura ambiente (25°C), frente a diferentes tratamientos de aplicación de citoquininas sintéticas (CPPU). Por otra parte, Yang *et al.* (2009) señalan valores promedio de firmeza de frutos usando Firmtech de 169,4; 163,7; 149,4; 148,7; 138,9; and 133,3 g mm⁻¹ para cultivares 'Duke', 'Draper', 'Bluecrop', 'Aurora', 'Elliott', y 'Liberty', respectivamente, en muestras colectadas en su pico de cosecha. Estos autores también reportan una reducción en la firmeza de frutos en todos los cultivares durante el avance de la temporada de cosecha.

Considerando que los parámetros de calidad de productos agrícolas están relacionados con sus propiedades físicas, es necesario desarrollar técnicas no destructivas para evaluar madurez y el avance del estado de madurez posterior a la cosecha (Jarén y García-Pardo, 2002). Ejemplos de estas técnicas para frutos de manzana (*Malus domestica* L.) son sensibilidad a la firmeza acústica (Van der Gaag, 2006), test de firmeza bioyield (Lu y Tipper, 2009), espectroscopía de infrarrojo cercano y de onda corta (Nicolai *et al.*, 2007; Mendoza *et al.*, 2011), y para frutos de pera (*Pyrus communis* L.) la predicción de firmeza mediante técnica de nariz electrónica (dispositivo que emula el sentido del olfato) (Zhang *et al.*, 2008). Para el caso de frutos de arándano se ha desarrollado la técnica de imágenes hiperespectrales para predecir el contenido de sólidos solubles y la firmeza, en la región visible y de onda corta del infrarrojo cercano de 500-1000 nm (Leiva-Valenzuela *et al.*, 2013).

Materiales y Métodos

Este trabajo fue realizado durante la temporada 2016-2017, para lo cual se colectaron muestras de frutos de arándanos Rabbiteye

Otro de los parámetros sugerido como indicador de calidad de frutos de arándano, de fácil y rápida determinación, es el contenido de materia seca (MS), que pudiera asociarse a la firmeza de frutos, como ha sido señalado para frutos de manzano 'Royal Gala' por Saei *et al.* (2011). Sin embargo no existen reportes científicos que confirmen una relación directamente proporcional entre MS y firmeza para frutos de arándanos. Al respecto, para frutos de mango 'Namdokmai', se observa una relación inversa entre el contenido de MS y la firmeza de los frutos en la medida que avanza la madurez (Watanawan *et al.*, 2014). Por su parte, Doryanizadeh *et al.* (2017) no encontraron correlación entre firmeza y contenido de MS en muestras de frutos de manzano 'Red Delicious' provenientes desde 20 huertos comerciales de Irán, después de cuatro meses de almacenaje en frío. En otras especies frutales se ha encontrado que el contenido de MS está asociado a la calidad de frutos en cosecha y poscosecha; como por ejemplo en manzana (Palmer *et al.*, 2010), kiwis (*Actinidia chinensis* L.), mango (*Mangifera indica* L.) y palto o aguacate (*Persea americana* L.) (Harker *et al.*, 2009), palto (Gamble *et al.*, 2010), y pera (Travers *et al.*, 2014). Por otra parte, para frutos de arándano Paniagua *et al.* (2013) señalan que la pérdida de humedad es una de las principales causas de pérdida de firmeza durante el almacenaje de postcosecha.

Adicionalmente, Palmer *et al.* (2010) en un estudio con manzanas 'Royal Gala' y 'Scifresh' determinaron que la concentración de MS se relacionó positivamente con la firmeza, aunque esta relación no fue tan consistente como lo observado con sólidos solubles en ambos cultivares, sino que fue cultivar dependiente.

En el caso del kiwi, la utilidad de usar el contenido de MS en frutos como indicador de calidad está fundamentado en que este parámetro permite predecir tanto la madurez como el sabor de los frutos, dado que la MS está compuesta principalmente de carbohidratos acumulados por el fruto, siendo el almidón el principal constituyente, que se descompone en azúcares durante el almacenamiento y madurez, y confiere al fruto la dulzura potencial y el sabor (Burdon *et al.*, 2004; Saei *et al.*, 2011). En este caso las mediciones se realizan previo y durante la cosecha.

Por otra parte, la fruta con alto contenido de MS puede tener mayor cantidad de pared celular por unidad de volumen, resultando una fruta de mayor peso específico (Saei *et al.*, 2011). Además presenta mayor contenido de ácidos orgánicos, que constituye otro indicador de calidad para los frutos de kiwi (Famiani *et al.*, 2012).

Como referencia, el porcentaje o contenido de MS promedio reportado para frutos de las principales especies frutales de interés para Chile y países del hemisferio sur es 14,4% en manzana, 12,5% en ciruela, 16,0% en kiwi, 13,8% en cereza, y 19,7% en uva de mesa (Tagliavini *et al.*, 2000).

Considerando que el contenido de MS en frutos de arándanos es un parámetro que comúnmente utilizan las empresas chilenas como un indicador rápido de calidad de cosecha y poscosecha (sin existir valores de referencia en la literatura científica), y que además asocian a la firmeza de los frutos, el objetivo del presente trabajo fue determinar la relación entre firmeza y MS de frutos en cuatro cultivares de arándano.

(*Vaccinium ashei* L.) cultivares 'Brightwell' y 'Ochlockonee', y Highbush (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivares 'Aurora' y

'Liberty', desde cuatro huertos comerciales a campo de la zona centro sur de Chile, cuyas localizaciones por cultivar fueron las siguientes: 'Ochlockonee' y 'Brightwell' 36°34'29.42" S, 72°3'55.13" W, 'Aurora' y 'Liberty' 35°05'45.25" S, 72°01'21.28" W. Las muestras fueron colectadas durante la primera semana de cosecha de cada cultivar, considerando cinco kg de fruta por muestra, provenientes de 30 plantas de la zona media de cada cuartel o unidad productiva, descartando las hileras perimetrales y las plantas que limitaban con caminos o con otras unidades productivas. El muestreo fue realizado durante la primera semana de cosecha, dado que se trata de la fruta de mejor calidad dentro de la temporada (Hirzel, 2017). El criterio de cosecha fue la fruta que completaba el 99% de la coloración azul, después del viraje de color verde hacia azul. La colecta fue realizada durante entre las 09:00 y 10:30 h, en bandejas de plástico, y luego fueron trasladadas en estructura de aislación térmica (nevera de 144 Lt, IGLO) y vehículo de transporte a la unidad de ingeniería del Centro de Desarrollo Tecnológico Agroindustrial (CDTA) de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción, Campus Chillán (Chile), para la inmediata determinación de firmeza. El equipo empleado para la determinación de firmeza de frutos fue un Cherry-tex CV2.0 (Universidad de Concepción, CDTA, Chile), cuya correlación de firmeza respecto del uso del equipo Firmtech (FirmTech Fruit Firmness, BioWorks Inc., Wamego, USA) es 0,9986 (Rojas y Radrigán, 2014). El equipo Cherry-tex CV2.0 se caracteriza por determinar la resistencia mecánica a la deformación de frutos después de la aplicación de una presión máxima de 350 g fuerza a una veloci-

dad controlada de dos mm s⁻¹ a través de un vástago cilíndrico. Este vástago posee una zona de contacto para cada fruto individual del tipo placa plana, localizado en un plato metálico con 20 perforaciones semiesféricas equidistantes de 7,72 mm de diámetro, la cual permite que la fruta no se desplace durante la medición. Para la determinación de la firmeza, desde cada muestra de fruta se identificaron y evaluaron individualmente 30 submuestras de 10 frutos cada una por cultivar (300 frutos), que posteriormente fueron trasladados al laboratorio de Análisis de Suelo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA para la determinación del contenido de MS. El tiempo de traslado de las muestras entre laboratorios fue de 15 min, considerando que la distancia entre ambos laboratorios es de 250 m, empleando estructura de aislación térmica y vehículo de transporte. La determinación de MS se realizó registrando el peso fresco de los frutos de cada muestra en una balanza digital (Precisa Modelo 100A-300M, Dietikon, Suiza), secando las muestras a una temperatura de 65°C por un periodo de 72 h, en un horno de secado (Mettler Modelo 600, Schwabach, Alemania). Una vez que las muestras estaban secas, se determinó su peso seco en la balanza digital antes descrita. El contenido de MS en frutos se determinó como la relación porcentual entre peso seco y peso húmedo.

Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de correlación simple entre firmeza y contenido de MS para cada cultivar por separado, y análisis de varianza entre cultivares considerando 30 sub-muestras o réplicas por cultivar, utilizando el test de separación de medias Tukey para un 5% de significancia. El software empleado fue SAS 6.0 (SAS, 2006).

Resultados y Discusión

Los análisis de correlación lineal entre MS y firmeza en los cuatro cultivares evaluados se presentan en las Figuras 1, 2, 3 y 4, para 'Ochlockonee', 'Brightwell', 'Aurora' y 'Liberty', respectivamente.

Figura 1: Relación lineal entre contenido de materia seca y firmeza en frutos de arándano cultivar 'Ochlockonee'.

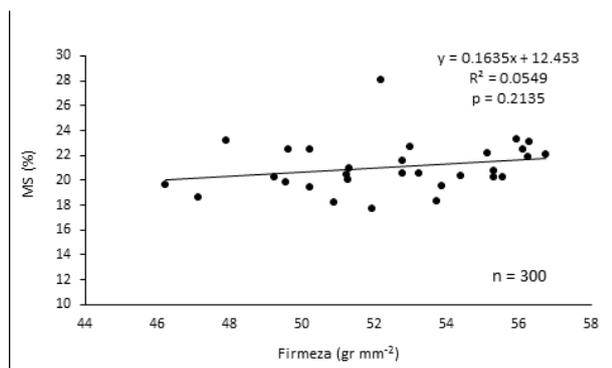
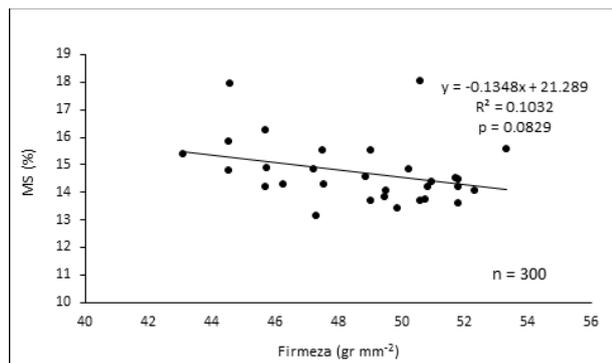


Figura 3: Relación lineal entre contenido de materia seca y firmeza en frutos de arándano cultivar 'Aurora'.



La correlación obtenida para el arándano fue muy baja (raíz cuadrada del coeficiente de determinación; R²), y la bondad del modelo lineal empleado (coeficiente de determinación; R²)

Figura 2: Relación lineal entre contenido de materia seca y firmeza en frutos de arándano cultivar 'Brightwell'.

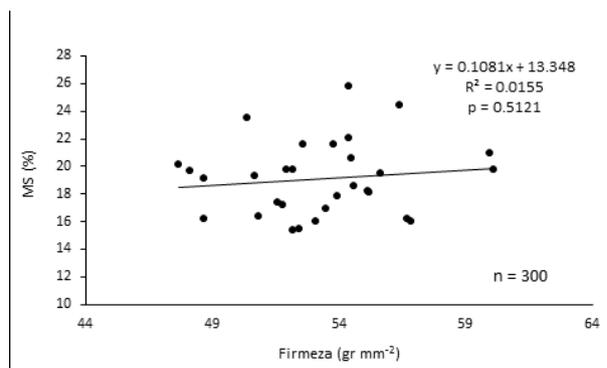
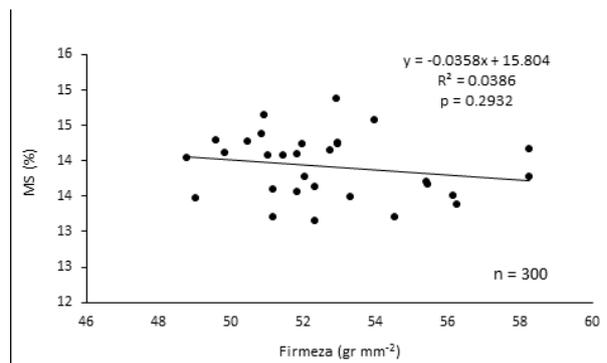


Figura 4: Relación lineal entre contenido de materia seca y firmeza en frutos de arándano cultivar 'Liberty'.



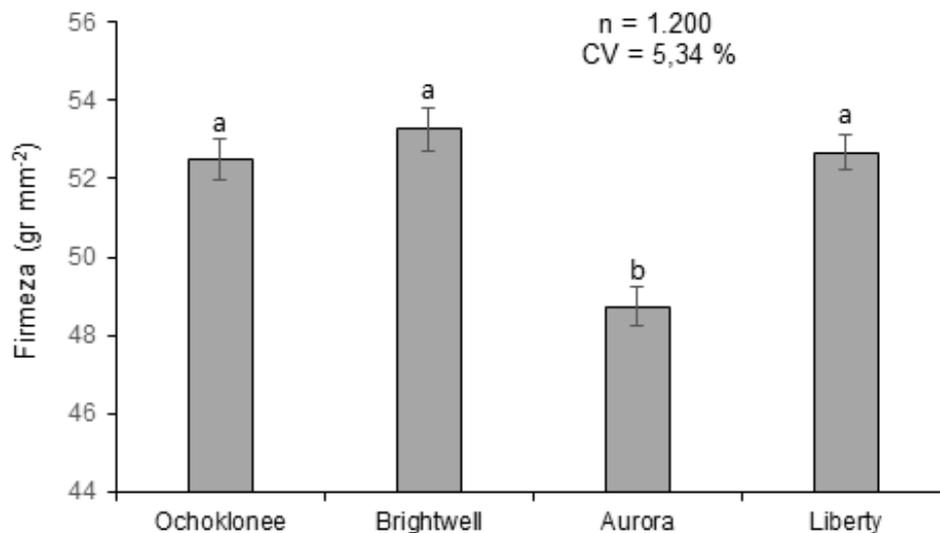
fue también muy baja y no significativa ($P>0,05$). Estos resultados indican que no existe correlación entre el contenido de MS y la firmeza de frutos de arándanos, y que el comportamiento fue similar entre los cuatro cultivares, con valores de R^2 inferiores a 11%. Los mismos difieren de la relación directa señalada por Saei *et al.* (2011) y por Palmer *et al.* (2010) para frutos de manzano, y contrastan también con lo señalado por Watanawan *et al.* (2014) para frutos de mango 'Namdokmai', donde se observa una relación inversamente proporcional entre contenido de MS y firmeza de frutos. Sin embargo, estos resultados son coincidentes con lo señalado por Doryanizadeh *et al.* (2017), para frutos de manzano 'Red Delicious'. Como señala Giongo *et al.* (2013), la firmeza de frutos está asociada principalmente al tamaño de las células de la piel y la forma de las capas celulares subyacentes del pericarpio, lo cual permite explicar que en el presente estudio no exista relación con el contenido de MS en los frutos de los cuatro cultivares de arándano evaluados, dado que el contenido de MS se relaciona con el contenido total de carbohidratos acumulados en el fruto (Burdon *et al.*, 2004; Saei *et al.*, 2011).

Respecto de la firmeza obtenida en arándano (Figura 5), los valores fluctuaron entre 48,7 y 53,3 g mm^{-2} . De los cuatro cultivares evaluados los mayores valores de firmeza se obtuvieron en 'Brightwell', 'Ochlockonee' y 'Liberty' ($P<0,05$), sin diferencias significativas entre ellos ($P>0,05$). Al respecto, Yang *et al.* (2009), encontraron diferencias altamente significativas ($P<0,0001$) de firmeza de frutos entre seis cultivares de arándano Highbush, cuyo ranking desde mayor a menor fue el siguiente: 'Duke', 'Draper', 'Bluecrop', 'Aurora', 'Elliott' y 'Liberty', para mediciones realizadas con equipo Firmtech. En contraste a lo señalado por Yang *et al.* (2009), en este estudio la firmeza obtenida en 'Liberty' fue mayor que el valor obtenido en 'Aurora', lo cual podría estar explicado por las diferencias edafoclimáticas entre los sitios en ambos estudios, dado que los cultivares de arándanos pueden presentar diferencias de calidad de frutos cuando se cultivan en ambientes con limitaciones climáticas o de suelo. Al respecto, Vance *et al.* (2017) indican diferencias significativas de firmeza de frutos en 'Liberty' comparando dos localidades experimentales. Por su parte, Strick *et al.* (2017) señalan diferencias de firmeza en frutos de arándanos Highbush, cultivares 'Duke' y 'Liberty' en una misma localidad durante seis de siete temporadas de evaluación, en relación directamente propor-

nal a la dosis de fertilizante orgánico empleado (73 y 140 kg N ha^{-1}). En complemento a lo anterior, otra de las características de la planta que es afectada por el ambiente climático es la concentración de nutrientes en hojas, como ha sido reportado por Strik y Vance (2015), para hojas de arándano Highbush en un mismo cultivar, trabajando con 'Duke', 'Bluecrop', 'Draper', 'Legacy', 'Liberty', y 'Aurora'.

En relación al contenido de MS de frutos de arándano (Figura 6), los valores fluctuaron entre 13,9% y 21,0%. El mayor valor se obtuvo en 'Ochlockonee' (21,0%) ($P<0,05$), seguido de 'Brightwell' (19,1%) ($P<0,05$), y posteriormente de los cultivares 'Aurora' (14,7%) y 'Liberty' (13,9%), sin diferencias entre ellos ($p > 0,05$). Los cultivares Rabbiteye ('Ochlockonee' y 'Brightwell') presentaron un mayor contenido de MS que los cultivares Highbush ('Aurora' y 'Liberty'), que puede estar explicado por tratarse de especies diferentes. Los valores de contenido de MS en frutos de arándano Rabbiteye fueron mayores que los señalados por Tagliavini *et al.* (2000) para frutos de manzana, ciruela, kiwi y cereza. Sólo el valor obtenido en el cultivar 'Ochlockonee' fue mayor al señalado por estos autores para frutos de uva de mesa. Por su parte, los valores de contenido de MS obtenidos en frutos de arándano Highbush fueron inferiores a los señalados por Tagliavini *et al.* (2000) para frutos de uva de mesa y kiwi, similares a los de frutos de manzano y cereza, y superiores al valor en frutos de ciruela. Considerando que en la literatura no se reportan contenidos de MS en frutos de arándano, pero que existen reportes para contenido de sólidos solubles, con una relación demostrada entre MS y sólidos solubles para frutos de manzano (Palmer *et al.*, 2010) y de kiwi (Burdon *et al.*, 2004; Saei *et al.*, 2011), antecedentes de contenidos de sólidos solubles en frutos de arándano Highbush realizados por Strik *et al.* (2017) indican diferencias significativas entre cultivares 'Duke' y 'Liberty', cuyos valores pueden variar al existir interacción con el método de plantación y la fertilización empleada. Al respecto, Yang *et al.* (2009) también señalan diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles de seis cultivares de arándano Highbush, dentro de los cuales se encuentra 'Liberty' y 'Aurora', con mayor contenido de sólidos solubles en 'Liberty'. Sin embargo, en este estudio, no hubo diferencia entre el contenido de MS entre estos dos cultivares (Fig. 6). En adición, dado que la industria de arándano asocia la calidad de poscosecha con el atributo

Figura 5: Firmeza de frutos de cuatro cultivares de arándano para muestras correspondientes a la primera cosecha de la temporada 2016-2017.

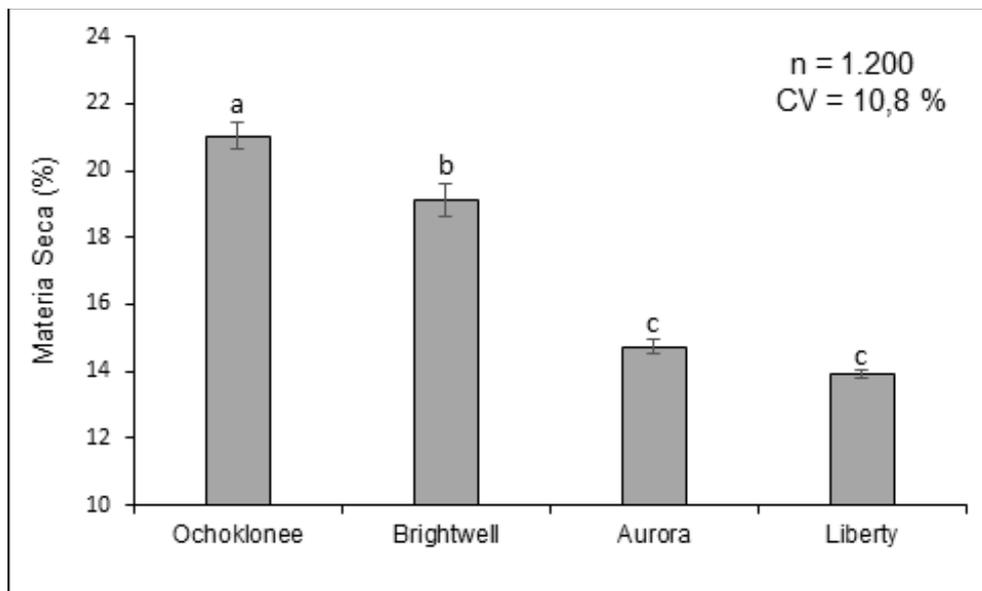


Letras distintas sobre las columnas indican diferencias significativas entre cultivares de arándano según test de Tukey ($P<0,05$). Las líneas sobre las columnas corresponden al error estándar. CV: coeficiente de variación.

físico de firmeza y con la condición sanitaria, la determinación del contenido de MS en frutos al momento de cosecha sólo podría ser un indicador de su calidad organoléptica, asociado al contenido de sólidos solubles y esqueletos carbonados presentes. No obstante, para poder emplear el valor de contenido de MS

en frutos de arándano como herramienta de segregación de calidad organoléptica de fruta, y dado que no existen reportes científicos a la fecha, se requiere de un estudio de caracterización de cultivares de arándano que considere al menos variables edafoclimáticas y de variación interanual.

Figura 6: Contenido de materia seca en frutos de cuatro cultivares de arándano para muestras correspondientes a la primera cosecha de la temporada 2016-2017.



Letras distintas sobre las columnas indican diferencias significativas entre cultivares de arándano según test de Tukey ($P < 0,05$). Las líneas sobre las columnas corresponden al error estándar. CV: coeficiente de variación.

Conclusiones

Los cultivares de arándano evaluados en este estudio presentan diferencias en la firmeza de frutos al momento de cosecha, sin segregar entre cvs. Rabbiteye o Highbush. A su vez, se presentan diferencias en el contenido de MS de frutos, con mayores valores en cultivares Rabbiteye y menores en Highbush.

Los resultados de este estudio permiten concluir que no existe relación entre la firmeza y el contenido de materia seca en frutos de arándano.

Considerando que la firmeza de frutos de arándano es un indicador científicamente documentado de calidad de poscosecha, el contenido de materia seca en los frutos de arándano no constituye un atributo robusto que pueda ser usado como indicador de calidad de poscosecha.

Bibliografía

1. ANGELETTI P, CASTAGNASSO H, MICELI E, TERMINIELLO L, CONCELLON A, CHAVES A, VICENTE A. (2010). Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality, softening and cell wall degradation of two blueberry (*Vaccinium corymbosum*) varieties. *Postharvest Biology and Technology*, 58(2):98-103.
2. BRUMMELL DA, HARPSTER MH. (2001). Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Molecular Biology*, 47:311-340.
3. BURDON J, MCLEOD D, LALLU N, GAMBLE J, PETLEY M, GUNSON A. (2004). Consumer evaluation of Hayward kiwifruit of different at-harvest dry matter contents. *Postharvest Biology and Technology*, 34(3):245-255.
4. DORYANIZADEH M, GHASEMNEZHAD M, SABOURI A. (2017). Estimation of postharvest quality of 'Red Delicious' apple fruits based on fruit nutrient elements composition. *Journal of Agricultural Science*, 9:164-173.
5. FAMIANI F, BALDICCHI A, FARINELLI D, CRUZ-CASTILLO JG, MAROCCHI F, MASTROLEO M. (2012). Yield affects qualitative kiwifruit characteristics and dry matter content may be an indicator of both quality and storability. *Science Horticulturae*, 146:124-130.
6. GAMBLE J, HARKER FR, JAEGER SR, WHITE A, BAVA C, BERESFORD M, STUBBINGS B, WOHLERS M, HOFMAN PJ, MARQUES R, WOOLF A. (2010). The impact of dry matter, ripeness and internal defects on consumer perceptions of avocado quality and intentions to purchase. *Postharvest Biology Technology*, 57(1):35-43.

7. **GIONGO L, PONCETTA P, LORETTI P, COSTA F.** (2013). Texture profiling of blueberries (*Vaccinium* spp.) during fruit development, ripening and storage. *Postharvest Biology and Technology*, 76:34-39.
8. **HARKER FR, CARR BT, LENJO M, MACRAE EA, WISMER WV, MARSH KB, MARSH KB, WILLIAMS M, WHITE A, LUND CM, WALKER SB, GUNSON FA, PEREIRA RB.** (2009). Consumer liking for kiwifruit flavour: a meta-analysis of five studies on fruit quality. *Food Quality and Preference*, 20(1):30-41.
9. **HIRZEL J.** (2017). Efecto de aplicaciones de boro foliar en postcosecha y/o precosecha sobre concentración de nutrientes y atributos de calidad en frutos de arándano cv. Duke, y sobre la concentración de boro foliar. Libro de resúmenes. 3er. Congreso Chileno de Berries, 28-29 de noviembre 2017. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
10. **JAREN C, GARCÍA-PARDO E.** (2002). Using non-destructive impact testing for sorting fruits. *Journal of Foods Engineering*, 53:89-95.
11. **LEIVA-VALENZUELA G, RENFU LU, AGUILERA JM.** (2013). Prediction of firmness and soluble solids content of blueberries using hyperspectral reflectance imaging. *Journal of Foods Engineering*, 115(1):91-98.
12. **LU R, TIPPER NC.** (2009). A portable device for the bioyield detection to measure apple firmness. *Applied Engineering in Agriculture*, 25(4):517-523.
13. **MATIACEVICH S, SILVA P, ENRIONE J, OSORIO F.** (2011). Quality assessment of blueberries by computer vision. 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11). *Procedia Food Science* 1:421-425.
14. **MENDOZA F, LU R, ARIANA D, CEN H, BAILEY B.** (2011). Integrated spectral and image analysis of hyperspectral scattering data for prediction of apple fruit firmness and soluble solids content. *Postharvest Biology and Technology*, 62(2):149-160.
15. **MOGGIA C, GRAELL J, LARA I, SCHMEDA-HIRSCHMANN G, THOMAS-VALDÉS S, LOBOS GA.** (2016). Fruit characteristics and cuticle triterpenes as related to postharvest quality of highbush blueberries. *Scientia Horticulturae*, 211:449-457.
16. **NICOLAÏ BM, BEULLENS K, BOBELYN E, PEIRS A, SAEYS W, THERON KI, LAMMERTYN J.** (2007). Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: a review. *Postharvest Biology and Technology*, 46(2):99-118.
17. **ODEPA.** (2016). Catastro frutícola CIREN-ODEPA. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Santiago, Chile. [en línea] <http://www.odepa.cl/wp-content/uploads/2016/08/Catastro-Fruticola-VIII-Biobio-2016.pdf>. [Consulta: 6 febrero 2017].
18. **PALMER JW, HARKER RF, TUSTIN DS, JOHNSTON J.** (2010). Fruit dry matter concentration: a new quality metric for apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15):2586-2594.
19. **PANIAGUA AC, EAST R, HINDMARSH JP, HEYES JA.** (2013). Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry. *Postharvest Biology and Technology*, 79:13-19.
20. **PRUSSIA SE, TETTEH MK, VERMA BP, NESMITH DS.** (2006). Apparent modulus of elasticity from FirmTech 2 firmness measurements of blueberries. *Transactions of the ASABE*, 49(1):113-121.
21. **RETAMALES J, LOBOS G, ROMERO S, GODOY R, MOGGIA C.** (2014). Repeated applications of CPPU on highbush blueberry cv. Duke increase yield and enhance fruit quality at harvest and during postharvest. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 74(2):157-161.
22. **ROJAS S, RADRIGÁN R.** (2014). Diseño de un equipo de medición de firmeza semiautónomo para la segregación de cereza de exportación. *Proceedings congreso Chileno del Cerezo*. 22 y 23 Mayo. Sociedad Chilena de Fruticultura, Chillán, Chile.
23. **SAEI A, TUSTIN DS, ZAMANI Z, TALAIE A, HALL AJ.** (2011). Cropping effects on the loss of apple fruit firmness during storage: The relationship between texture retention and fruit dry matter concentration. *Scientia Horticulturae*, 130(1):256-265.
24. **SAS.** (2006). SAS/STAT Users Guide. Version 9.1 Statistical Analysis Systems Institute (SAS Institute), Cary, North Carolina, USA.
25. **STRIK BC, VANCE AJ.** (2015). Seasonal variation in leaf nutrient concentration of northern highbush blueberry cultivars grown in conventional and organic production systems. *HortScience*, 50:1453-1466.
26. **STRIK BC, VANCE A, BRYLA DR, SULLIVAN DM.** (2017). Organic production systems in northern highbush blueberry: I. Impact of planting method, cultivar, fertilizer, and mulch on yield and fruit quality from planting through maturity. *HortScience*, 52:1201-1213.
27. **TAGLIAVINI M, ZAVALLONI C, RAMBOLA AD, QUATIERI M, MALAGUTI D, MAZZANTI F.** (2000). Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. *Acta Horticulturae*, 512:131-140.
28. **TRAVERS S, BERTELSEN MG, PETERSEN KK, KUCHERYAVSKIY SV.** (2014). Predicting pear (cv. Clara Frijs) dry matter and soluble solids content with near infrared spectroscopy. *LWT - Food Science and Technology*, 59(2):1107-1113.
29. **VANCE A, JONES P, STRIK B.** (2017). Foliar calcium applications do not improve quality or shelf life of strawberry, raspberry, blackberry, or blueberry fruit. *HortScience*, 52(3):382-387.
30. **VAN DER GAAG N.** (2006). User Manual. AFS Desktop System. AWETA, Version 1.05. Publisher.
31. **WATANAWAN C, WASUSRI T, SRILAONG V, WONGS-AREE C, KANLAYANARAT S.** (2014). Near infrared spectroscopic evaluation of fruit maturity and quality of export Thai mango (*Mangifera indica* L. var. Namdokmai). *International Food Research Journal*, 21(3):1109-1114.
32. **YANG WQ, HARPOLE J, FINN CE, STRIK BC.** (2009). Evaluating berry firmness and total soluble solids of newly released highbush blueberry cultivars. *Acta Horticulturae*, 810:863-867.
33. **ZHANG H, WANG J, SHENG YE.** (2008). Predictions of acidity, soluble solids and firmness of pear using electronic nose technique. *Journal of Food Engineering*, 86(3):370-378.