



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

IMPACTO DE LAS CERAS Y LA CICATRIZ PEDICELAR EN LA DESHIDRATACIÓN DE FRUTOS DE ARÁNDANO (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) CV. BRIGITTA, ENFRENTADOS A CONDICIONES CONTRASTANTES DE HUMEDAD RELATIVA DE GUARDA

Memoria de título

Paula Nicol Pacheco Jiménez

TALCA, CHILE

2022

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2022



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

IMPACTO DE LAS CERAS Y LA CICATRIZ PEDICELAR EN LA DESHIDRATACIÓN DE FRUTOS DE ARÁNDANO (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) CV. BRIGITTA, ENFRENTADOS A CONDICIONES CONTRASTANTES DE HUMEDAD RELATIVA DE GUARDA

Por

Paula Nicol Pacheco Jiménez

MEMORIA DE TÍTULO

**presentada a la Universidad de Talca como parte de los requisitos para optar al título
de**

INGENIERO AGRONOMO

TALCA, CHILE

2022

APROBACIÓN:



Profesor Co-Guía

Ing. Agrónomo, Dr. Gustavo A. Lobos

Profesor Escuela de Agronomía

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad de Talca



Profesor Co-Guía

Ing. Agrónoma, M.S., Dra. Claudia Moggia Lucchini

Profesora Escuela de Agronomía

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad de Talca

Fecha de presentación de la Defensa de Memoria: 06 de mayo de 2022.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a mi hermosa familia y su apoyo incondicional en todo este trayecto en la universidad; a mi papá que siempre confió en mí, a Freddy y sobre todo a mi hija Martina, quien fue mi motor principal para terminar esta linda carrera.

Agradezco a Daniel, a mis profesores Claudia y Gustavo por recibirme en su equipo, por su buena voluntad, y por acompañarme en este proceso, que costó, pero al fin se logró. Por último, a mis amigas, Karen, Espe, Pati, que fue lo más lindo que me dejó la "U".

RESUMEN

El arándano (*Vaccinium corymbosum*) se ha convertido en uno de los berries con mayor relevancia mundial, apetecido por los consumidores por su actividad antioxidante, contenido de ácido ascórbico, entre otros beneficios. Es un fruto altamente perecedero cuyo consumo es, mayoritariamente, en estado fresco. En destino, los defectos están asociados a desórdenes físico/mecánico y, principalmente, a problemas de ablandamiento y deshidratación, llegando a representar entre 10 y 45 % de los defectos totales. La firmeza es uno de los caracteres de calidad más importantes, ya que se encuentra asociada a la pérdida de agua desde el fruto, limitando la lejanía de los mercados. Es por esto que, uno de los mayores desafíos es mantener las características de calidad y condición de la baya durante el almacenamiento (0 °C y 90% HR) y transporte, el que puede tomar hasta 60 días al continente asiático. Para el presente estudio, se seleccionaron frutos de arándanos del cv. 'Brigitta' proveniente de tres cosechas (inicio, pico y final) del huerto el Roble (Valle Maule S.A., VII región, Linares, Chile). Estos frutos fueron sometidos a diferentes tratamientos para determinar la participación de ceras y la cicatriz pedicelar en el ablandamiento: **i)** control: frutos sin intervenir; **ii)** sin ceras: las ceras se removieron mediante la inmersión de los frutos en hexano por 5 s; **iii)** sin ceras y cicatriz pedicelar cubierta con esmalte de uñas; y **iv)** sólo cicatriz pedicelar cubierta: con el mismo esmalte de uñas de secado rápido. Los frutos fueron sometidos a almacenaje refrigerado (1,2 °C) por 10 días, bajo tres condiciones de humedad relativa (30, 65 y 96%). Durante dicho periodo se midió peso individual de los frutos diariamente y su firmeza al término. Con la pérdida de peso se calculó la tasa de ablandamiento de cada tratamiento y HR estudiada. Respecto de los tratamientos, la cicatriz es la estructura por donde se pierde la mayor proporción de agua. En relación al momento de cosechas, la fruta colectada en el pico de la cosecha posee una menor tasa de ablandamiento.

Palabras clave: arándano, pérdida de agua, firmeza, ablandamiento.

ABSTRACT

The blueberry (*Vaccinium corymbosum*) has become one of the most important berries in the world. Consumers highly value its antioxidant activity and ascorbic acid content, among other benefits. It is a highly perishable fruit whose consumption is mostly fresh. At the destination, softening and dehydration represent between 10 and 45% of all detected defects. Firmness is one of the most critical quality traits since it is associated with losing water from the fruit, limiting the distance to the market. Therefore, one of the biggest challenges is maintaining the berries' quality characteristics and condition during storage (0 °C and 90% RH) and transport, which can take up to 60 days to the Asian continent. For the present study, blueberry fruits of cv. 'Brigitta' from three harvests (early, peak, and late) were selected from the El Roble orchard (Valle Maule S.A., VII region, Linares, Chile). These fruits were subjected to different treatments to determine the participation of waxes and pedicel scar in softening: i) control: fruits without intervention; ii) without waxes: waxes were removed by immersing the fruits in hexane for 5 s; iii) without waxes and pedicel scar covered with nail polish; and iv) only pedicel scar covered: with the same quick-drying nail polish. Fruits were subjected to refrigerated storage (1.2 °C) for 10 d under three relative humidity conditions (30, 65, and 96%). During this period, individual fruit weight was measured daily and, at the end of the experiment, fruit firmness was measured. The weight loss was used to calculate the softening rate for each treatment and HR studied. Among the treatments, the scar is the structure through which the most significant proportion of water is lost. Concerning the harvest time, fruits harvested at the peak of harvest showed a lower softening rate.

Keywords: blueberry, water loss, firmness, softening.

ÍNDICE

| | |
|---|-------|
| 1.INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Hipótesis. | 2 |
| 1.2. Objetivo general. | 2 |
| 1.3 Objetivos específicos. | 2 |
| 2.REVISION BIBLIOGRÁFICA | 3 |
| 2.1 Importancia del arándano | 3 |
| 2.2 El fruto de arándano..... | 3 |
| 2.2.1 Características físicas y desarrollo del fruto | 3 |
| 2.2.2 Cultivar en estudio | 3 |
| 2.3 Anatomía del fruto de arándano | 4 |
| 2.3.1 Cutícula | 4 |
| 2.3.2 Cicatriz pedicelar..... | 5 |
| 2.3.3 Firmeza | 5 |
| 2.4 Postcosecha del arándano | 6 |
| 2.4.1 Condiciones de almacenaje y su influencia en la pérdida de peso | 6 |
| 3.MATERIALES Y MÉTODOS..... | 7 |
| 3.3 Análisis estadístico..... | 10 |
| 4. RESULTADOS..... | 11-12 |
| 5.DISCUSIÓN | 13 |
| 6.CONCLUSIONES | 14 |
| 7. CITAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 15-19 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Impacto de los tratamientos sobre el bloom y la cicatriz pedicelar (CP) y de la humedad relativa, sobre la tasa de pérdida de peso (g d ⁻¹) de frutos de arándanos "Brigitta" provenientes de tres momentos de cosecha (inicio, peak y término) y almacenados por 10 d a 1,2 ± 0,7 °C | 12 |
|---|----|

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Representación esquemática de estructuras de cutícula vegetal (Yeats y Rose, 2013). | 4 |
| Figura 2. Representación esquemática de los tratamientos aplicados en cultivar Brigitta donde; Control (T0): frutos sin intervenir; T1: fruto sin bloom; T2: fruto sin bloom y con cicatriz pedicelar pintada; T3: sólo con cicatriz pedicelar pintada. | 7 |
| Figura 3. Representación de los canastillos dispuestos en el soporte..... | 8 |
| Figura 4. Visualización de los soportes en la caja | 8 |
| Figura 5. Sistema de bombeo para controlar la humedad relativa, donde; la bomba (c) impulsa el flujo de aire a través de tubos (1) hacia el contenedor con la solución de agua/glicerol (b), el aire humidificado se ingresa a través de un tubo (2) hacia el interior | 8 |
| Figura 6. Tasa de deshidratación para cv “Brigitta” en momento de cosecha inicio, peak y término respectivamente, almacenados durante 10 d a 1,2 °C, bajo distintas condiciones de humedad relativa (30, 65 y 96%) | 11 |
| Figura 7. Efecto de la humedad relativa (HR) y tratamientos aplicados, sobre la pendiente de la pérdida de agua de frutos de arándano cv “Brigitta” en momento de cosecha inicio, peak, término respectivamente, almacenados durante 10 d a 1,2 °C, bajo distintas condiciones de humedad relativa (30, 65 y 96%) | 12 |

1.INTRODUCCIÓN

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) es un frutal nativo de América del Norte (Estados Unidos y Canadá), donde ha sido mejorado y producido comercialmente para el consumo en fresco e industrialización (Kalt et al., 1996). Desde su introducción en Chile en la década de los 70, la demanda ha estimulado una rápida expansión en superficie; según ODEPA (2020), actualmente existe una superficie plantada de 18.375 ha, con un volumen exportado de 110.000 toneladas en la temporada 2019-2020 (Armstrong,2020).

La etapa de cosecha es de suma importancia para obtener un fruto de calidad para el consumidor, destacando las características de color, firmeza, ausencia de daños, presencia de cera (Defilippi et al., 2013). El criterio para determinar la madurez de cosecha se basa principalmente en el color de la superficie del fruto, la cual debe ser 100% azul (Gough, 1994; Lobos et al., 2014). Sin embargo, dada la maduración asincrónica de las bayas en un racimo, el indicador basado en el color no permite diferenciar frutos maduros de aquellos sobremaduros (ambos con completa coloración azul).

Una vez cosechados, los frutos de arándanos son altamente perecibles, pudiendo presentar deterioro en postcosecha; entre otros, desórdenes fisiológicos, daño físico/mecánico, ablandamiento y pérdida de agua (Forney, 2009). La firmeza es uno de los atributos de calidad más importantes en arándanos, siendo el ablandamiento de los frutos una limitante para la comercialización en fresco, ya que influye fuertemente en la aceptación por parte de los consumidores (NeSmith et al., 2002; Vicente et al., 2007).

La firmeza varía a través de las etapas de desarrollo y madurez de la baya (Beaudry, 1992; Lobos et al., 2014), pero también entre cultivares y entre temporadas para un mismo cultivar (Lobos et al., 2018). Se ha reportado que el ablandamiento (pérdida de firmeza) en postcosecha está ligado a la pérdida de peso (deshidratación) durante el almacenaje y transporte (Paniagua et al., 2013).

Esta pérdida de agua del fruto está influenciada por el tamaño de la cicatriz pedicelar (Moggia et al., 2017) y la composición de las ceras epicuticulares las que son relativamente impermeables a los gases (Moggia et al., 2016). Basado en Vogg et al. (2004) la difusión del agua ocurre principalmente en la fracción amorfa de estas ceras (triterpenoides), mientras que la porción cristalina (n- alcanos) evitaría un mayor transporte de agua. Por otra parte, al extraer las ceras la pérdida de peso puede aumentar hasta en un 50 % (Chu et al., 2018).

El manejo de las condiciones de almacenaje (0°C y 90% HR) son fundamentales para evitar la deshidratación y mantener las características de calidad y condición del fruto; con el fin de disminuir el déficit de presión de vapor y así evitar una mayor salida de agua del fruto (Defilippi et al, 2013). Esto es aún más relevante cuando el transporte se realiza vía marítima y podría tomar hasta 60 días entre cosecha y llegada al puerto de destino (Beaudry et al., 1998; Lobos et al., 2014; Moggia et al., 2016).

1.1 Hipótesis.

Es sabido que tanto el “bloom” como la cicatriz pedicelar son las principales vías de deshidratación de la fruta, sin embargo, no existe evidencia respecto del comportamiento de éstas bajo un rango decreciente de humedad relativa de guarda. Por ende, se hipotetiza que, considerando que la cicatriz pedicelar es la que aporta la mayor parte de la pérdida de peso en almacenaje, su impacto variará según el momento de cosecha estudiado.

1.2. Objetivo general.

Mediante el uso de un sistema de deshidratación acelerada a nivel de fruto individual, este trabajo se focaliza en dimensionar el impacto de la humedad relativa de guarda sobre la pérdida de agua a través del “bloom” y cicatriz pedicelar, de acuerdo a la cosecha estudiada.

1.3. Objetivos específicos.

- Ante un rango decreciente de humedades relativas (96, 65 y 30%), determinar si la cicatriz calicinal es la principal vía de pérdida de agua en almacenaje.
- Determinar si el momento de cosecha modifica las tasas de pérdida de agua.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importancia del arándano

El arándano es un arbusto frutal perenne nativo de Norte América, pertenece a la familia de las Ericaceas, subfamilia Vaccinioidea, la cual contiene el género *Vaccinium* (Pritts et al., 1992) y fue introducida en Chile a finales de la década del 70 por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Es un fruto muy apetecido por los consumidores y el incremento significativo de este cultivo se debe a su elevada y reconocida actividad antioxidante, contenido de ácido ascórbico, entre otros beneficios para la salud (Manganaris et al., 2013).

La mayoría de la producción mundial de arándano proviene de los cultivares ojo de conejo o “rabbiteye” (*Vaccinium ashei* R.) y arbusto alto o “highbush” (*Vaccinium corymbosum* L.) (Retamales et al., 2014); siendo este último el más cultivado en nuestro país porque tiene mayor calidad de fruto, y representa un 85% de la superficie a nivel mundial (García et al., 2013). Como reporta Ballington (1990), dentro del género *Vaccinium*, que incluye aproximadamente 400 especies, según su clasificación taxonómica, el arándano abarca entre 10 y 26 especies.

2.2 El fruto de arándano

2.2.1 Características físicas y desarrollo del fruto

El arándano es una baya de forma esferoide oblata, cubierto de ceras (denominado “bloom”). Como señala Gough (1994), el color de la epidermis puede variar desde azul claro hasta prácticamente negro, siendo uno de los atributos más importantes de calidad.

Los frutos de arándano tienen un crecimiento doble sigmoideo (Mainland y Eck, 1996; Edwards et al., 1970; Coombe, 1976), clasificándose en tres fases; el estado I, que corresponde a una rápida división celular y aumento de peso seco (Birkhold et al. 1992, Cano- Medrano y Darnell, 1997), el cual se extiende por 25 a 35 días. La fase II hay poco crecimiento del fruto, en favor de un activo desarrollo de semilla y demora entre 30 a 50 días. Por último, el fruto comienza a madurar en el estado III, que se caracteriza por un rápido aumento en volumen producto de la elongación celular (Galletta 1975; Gough 1994). En este periodo el fruto desarrolla la coloración de piel, ablandamiento de pulpa, así como un incremento en el contenido de azúcares y disminución de ácidos orgánicos. Esta etapa dura entre 16 y 26 días.

2.2.2 Cultivar en estudio

Brigitta es un cultivar de arbusto alto o “highbush” proveniente de Australia (1980) y requiere entre 700 y 900 horas de frío al año. Es un arbusto que crece vertical, y presenta resistencia moderada al invierno, por lo que es importante en zonas que presentan un invierno templado, (Retamales y Hancock, 2012). Sus bayas son firmes, grandes y dulces, con una pequeña cicatriz y una larga vida postcosecha. Es sensible a partiduras por la lluvia y calor; debido a esto, es un fruto que se deshidrata y ablanda de forma prematura (González et al., 2017).

La sobre madurez de la fruta también afecta la firmeza, disminuyéndola, y constituye una problemática importante al momento de la cosecha, ya que uno de los principales índices de madurez es el color. De esta forma, fruta con igual apariencia externa puede tener una madurez fisiológica distinta, lo que incide en su potencial de postcosecha; por lo tanto, es importante que la recolección sea lo más frecuente posible (Lobos *et al.*, 2018).

2.3 Anatomía del fruto de arándano

2.3.1 Cutícula

La cera de la superficie de los frutos es la capa exterior que los protege de la deshidratación, temperaturas extremas, radiación UV, ataque de patógenos (Klavins *et al.*, 2019). Su componente principal es la cutina, una matriz de poliéster de ácidos grasos polihidroxilados C16 y C18 incrustados y cubiertos con ceras amorfas intra y epi-cuticulares, más una pequeña fracción de fenólicos (Jetter *et al.*, 2000).

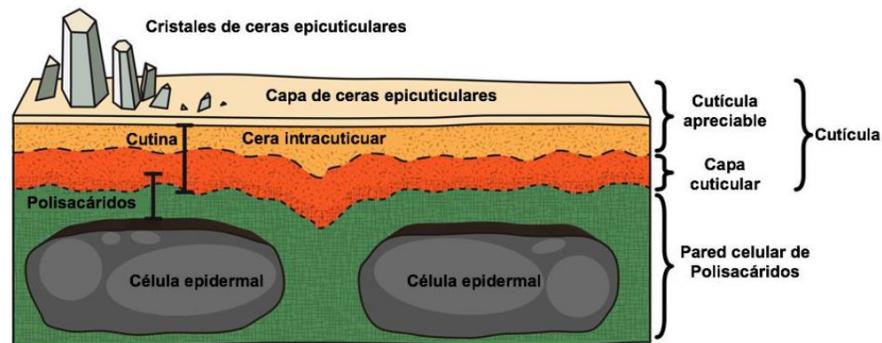


Figura 1. Representación esquemática de estructuras de cutícula vegetal (Yeats y Rose, 2013).

Las ceras cuticulares se componen de una mezcla de compuestos alifáticos (*n*- alcanos, ácidos alcanicos, alcanoles, aldehídos y alquil ésteres), y no alifáticos (triterpenoides, y derivados de esteroles) (Kunst y Samuels, 2009). Los principales triterpenoides son el ácido ursólico, el ácido oleanólico predomina en *V. corymbosum* del norte, en donde el principal componente entre los triterpenoides es el lupeol, siendo mayores en 'Duke' que en 'Brigitta' (Moggia *et al.*, 2016). Según estudios se muestra una relación directa entre el contenido de ácido ursólico y el porcentaje de pérdida de peso ($r = 0,96$, $p \leq 0,05$) (Moggia *et al.*, 2016).

Como reporta Banaras *et al.*, (1994), las ceras de la cutícula se encuentran negativamente correlacionadas con la pérdida de agua en la fruta y representan un 97,9 % de la resistencia al movimiento de agua, mientras que la cutina el 2,1 % (Knoche *et al.*, 2000). Así, al extraer las ceras, la permeabilidad al agua puede aumentar entre 300 a 500 veces (Schönherr, 1976a). En promedio, los frutos de *V. corymbosum* y *V. ashei*, están cubiertos por una capa de cera de 89 g cm⁻², compuesta por triterpenoides (64,2%), β-dicetonas (16,4 %), aldehídos (4,3 %), alcoholes primarios (3,2 %), ácidos grasos (2,8 %), alcanos (1,3 %) y un 7,8 % de compuestos no identificados (Chu *et al.*, 2017).

2.3.2 Cicatriz pedicelar

La cicatriz pedicelar, corresponde a la zona donde el pedicelo se separa del fruto al momento de la cosecha y ha sido asociado a la pérdida de firmeza y deshidratación; es decir frutos que tenían una cicatriz más grande, habían perdido más firmeza por una mayor pérdida de agua (Moggia *et al.*, 2017). Además de la cicatriz que queda al desprender el fruto es importante el tamaño o volumen de la herida porque se ha reportado que el área de la cicatriz pedicelar puede constituir entre un 0,19 a 0,74 % de la superficie del fruto, sin embargo, la pérdida de agua por esta vía puede llegar a representar entre un 39 a 67 % del peso del fruto, siendo menor en los genotipos que presentan una cicatriz pedicelar más pequeña (Moggia *et al.*, 2017). Además, es considerada como una de las principales vías de ingreso de agentes causantes de pudriciones (Cappellini y Ceponis, 1977).

Estudios señalan que, al sellar el pedicelo de frutos de uva, la tasa de transpiración disminuyó sólo en un 16 %, sugiriéndose que la transpiración en este caso estaría limitada, principalmente por la superficie de la baya (Becker y Knoche, 2011). Cabe mencionar que la uva, este se caracteriza por tener una madurez más homogénea que los arándanos, donde cada fruto presenta diferentes estados de lignificación de la cicatriz pedicelar. Entonces no solo es importante el estado de cicatrización, sino que también el tamaño de la herida que queda al desprender el fruto del pedicelo. Como reportan estudios anteriores (Valdés, 2019; Moggia *et al.*, 2018), la cicatriz pedicelar a pesar de representar menos del 1% de superficie total del fruto, fue causante de un 39 a 67 % de la pérdida de agua de frutos individuales mantenidos durante 15 días a 0°C y 88 % HR.

2.3.3 Firmeza

Representa una característica física muy importante en arándanos que es utilizada como medida de calidad (Timm *et al.*, 1996). La firmeza está determinada fuertemente por la anatomía física de los tejidos, es decir tamaño, conformación, forma y turgor de la célula, características de la lamela media y la pared (Toivonen *et al.*, 2008; Scheidt y Silva, 2017). El ablandamiento se ha asociado a la degradación enzimática de componentes de la pared celular, la solubilización y despolimerización de hemicelulosa se ha visto incrementada entre estados inmaduros y 100% coloración azul (Proctor y Peng, 1989).

Los frutos son extremadamente firmes en el estado verde, comienzan a ablandarse al cambiar a color verde rosa y la firmeza sigue disminuyendo hasta el momento de cosecha en estado azul, pero a una tasa menor (Barbosa-Cánovas *et al.*, 2003). Ballinger *et al.* (1973), menciona que frutos de arándano más pequeños, tienden a ser más firmes que los frutos grandes en condiciones normales de luz; además la firmeza y forma de los frutos varía entre fechas de cosecha.

2.4 Postcosecha del arándano

2.4.1 Condiciones de almacenaje y su influencia en la pérdida de peso

La vida postcosecha de la fruta, es afectada por las condiciones de almacenaje dadas por la HR y la temperatura (T), siendo esta última condición la que mayor influencia tiene sobre la tasa de respiración de la fruta (Biale et al., 1954; Biale, 1961; Burzo, 1980; Saltveit, 2016). Cuando existen diferencias en la HR y la T causan variaciones en el déficit de presión de vapor (DPV) y, por ende, varían las tasas de pérdida de peso de los frutos (Ben-Yehoshua et al., 2003). Esta pérdida de peso está directamente relacionada con el DPV, por lo que a menor DPV, la pérdida de peso también disminuye y se traduce en una menor pérdida de firmeza (Whitelock et al., 1994).

Existen estudios en frutos de manzano, donde ocurre un aumento de alrededor de un 30 % en la pérdida de agua, cuando la HR disminuye de 97,5 a 95% (Veraverbeke et al., 2003). Según Shirazi et al (1993) en frutos de tomate, al aumentar la HR de 52 a 85 %, la pérdida de peso disminuye en un 50 % aproximadamente.

Los arándanos se pueden almacenar con una calidad aceptable durante 2 a 4 semanas a 0°C y 90-95 % HR, procurando un enfriamiento rápido hasta alcanzar esa temperatura (Kader, 2003; Perkins-Veazie, 2004). Es importante mantener la cadena de frío para evitar las alzas de temperatura por lo que, una operación ideal para arándanos considera las labores de pre-frío (aire forzado), embalaje en un ambiente refrigerado (10-12°C) y luego un almacenamiento y transporte a una temperatura constante a 0 °C, condición que se debe mantener hasta su recepción final (Defilippi et al., 2013). Sin embargo, a nivel comercial el enfriamiento rápido es generalmente difícil de conseguir, debido a retrasos entre cosecha y almacenaje o inadecuada estructura frigorífica (Sargent et al., 2006).

Por último, pasado el tiempo de almacenaje, la fruta se debe transportar al país o consumidor destino; el cual puede ser por vía aérea o marítima. Dado el alto costo que implica la vía aérea, estos frutos se transportan principalmente vía marítima. Esta última representa casi el 95% de los envíos y demora entre 45 a 60 días en llegar al consumidor final (Moggia, 2012).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Establecimiento del ensayo en campo

Se consideraron frutos de arándanos del cv. "Brigitta" proveniente de la zona central en huerto el Roble (35° 49'434 S; 71°33'374 O) de la empresa Valle Maule, VII región, Linares, Chile. Así, para tres cosechas (inicio, pico y final), 500 frutos muestreados del lado norponiente de la planta y a una altura aproximada de 1,5 m fueron llevados en clamshells al laboratorio de postcosecha del Centro de Mejoramiento y Fenómica Vegetal de la Universidad de Talca; se descartaron bayas con defectos visuales, como partidura, russet, entre otros.

3.2. Establecimiento del ensayo de deshidratación acelerada

En laboratorio, se analizaron 50 frutos para hacer una caracterización inicial, en la que se midió pH, firmeza, diámetro, sólidos solubles y acidez titulable. Los frutos restantes se destinaron a las evaluaciones en cajas de deshidratación para evaluar la tasa de pérdida de agua.

Para determinar la participación del bloom y la cicatriz pedicelar, se procedió a generar cuatro tratamientos (Figura 4): i) control: frutos sin intervenir; ii) sin bloom: las ceras se removieron mediante la inmersión de los frutos en hexano por 5 s; iii) sin bloom y cicatriz pedicelar cubierta: con esmalte de uñas de secado rápido (Catrice Cosmetics, Ultimate Nail Lacquer, Sulzbach, MTK, Alemania); iv) sólo cicatriz pedicelar cubierta: con el mismo esmalte de uñas de secado rápido.

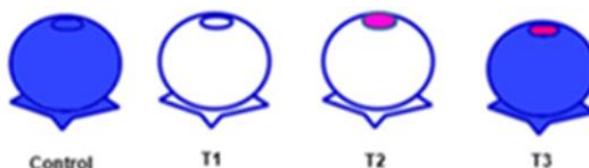


Figura 2. Representación esquemática de los tratamientos aplicados en cultivar Brigitta donde; Control (T0): frutos sin intervenir; T1: fruto sin bloom; T2: fruto sin bloom y con cicatriz pedicelar pintada; T3: sólo con cicatriz pedicelar pintada.

Los frutos fueron puestos en soportes de polímero plástico con canastillos individuales para cinco frutos (Figura 3) y se consideraron cuatro replicas por tratamiento. A su vez, los soportes se pusieron en rieles metálicos que cruzaban la parte superior de la caja plástica (21 x 14 x 32 cm) con cierre hermético, el que se mantuvo a 1,2°C durante el estudio y donde se establecieron los tres niveles (30, 65 y 96%) de humedad relativa.



Figura 3. Representación de los canastillos dispuestos en el soporte.



Figura 4. Visualización de los soportes en la caja.

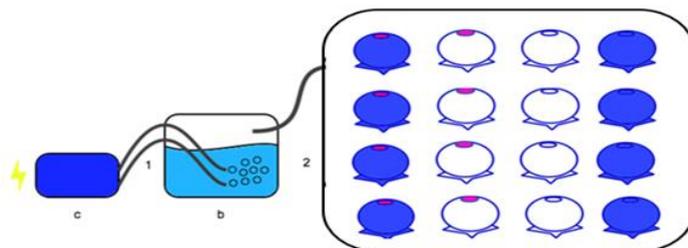


Figura 5. Sistema de bombeo para controlar la humedad relativa, donde; la bomba (c) impulsa el flujo de aire a través de tubos (1) hacia el contenedor con la solución de agua/glicerol (b), el aire humidificado se ingresa a través de un tubo (2) hacia el interior.

Para generar un nivel particular de humedad relativa, se trabajó con soluciones de distintas concentraciones (v/v) entre glicerol y agua bidestilada (Forney y Brandl, 1992) por las cuales se hizo circular el aire antes de ingresar a la caja que contenía la fruta. Se obtuvieron las siguientes HR para cada combinación glicerol/agua bidestilada: i) 96%: 0/100%; ii) 65%: 75/25%; y iii) 30%: 100/0%. Para impulsar el aire con la HR generada hacia las cajas que contiene la fruta, se utilizó una bomba de aire eléctrica (4 L min^{-1}) conectada mediante una manguera plástica (4mm diámetro interno). Para remover el aire ingresado a la caja que contiene la fruta, en el extremo opuesto al que entra el aire, contenía una manguera de igual diámetro. Cada humedad relativa fue replicada tres veces (cajas) con bombas de aire y soluciones independientes.

Las cajas con la fruta en sus colgadores se mantuvieron durante 24 horas en la cámara de almacenaje, sin el cierre hermético, con el fin de favorecer su enfriamiento. Al día siguiente se procedió a sellar los contenedores y activar los sistemas de generación de HR. Mediante el uso de una balanza de alta precisión, se registró la pérdida de peso diaria de cada colgador en gramos (g), durante 10 d. Con esta información se calculó la tasa de pérdida de peso (g d^{-1}).

Tanto en la cámara de frío ($1,2 \pm 0,7$ ° C, y HR de $95 \pm 0,3$ %) como en las cajas, la temperatura y HR se registraron cada cinco minutos con un sensor (HOBO U23 Pro v2 Temperature/Relative Humidity, Onset Computer Corporation, MA, USA).

3.3 Análisis estadístico

Para el ensayo se consideró un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4 x 3. Las tasas de deshidratación fueron sometidos a Análisis de Varianza y posterior separación de medias por test Tukey ($p < 0,05$). Todos los análisis se realizarán mediante el software Statgraphics Centurion 19-X64.

4. RESULTADOS

Independiente de la cosecha estudiada, la menor tasa de pérdida se logra cuando se cubre la cicatriz pedicelar y el bloom está presente (T3). En términos globales, T3 mostró una reducción de la tasa de cerca del 50% al comienzo de las cosechas, disminuyendo su impacto hasta un 30% al término de éstas (datos no mostrados). En el otro extremo, cuando al fruto se le quita el bloom (T1), la tasa de deshidratación es máxima, llegando a representar entre 40 y 56% de incremento respecto de la situación control. Entre estos, el tratamiento sin ceras, pero con la cicatriz tapada (T2).

Cuando se observa la respuesta a la humedad relativa, independiente del tratamiento sobre el bloom o la cicatriz, se aprecia una relación inversamente proporcional entre la tasa de pérdida de peso y la humedad relativa estudiada (Figura 7). Cuando se grafican estas relaciones por cosecha, parecieran existir un menor impacto de la humedad relativa cuando las muestras se recolectaron en el pico de cosecha.

No obstante, en cada una de las fechas estudiadas, se muestra una interacción entre ambos factores (Figura 6). Para las tres fechas, la fruta evaluada bajo 30% muestra diferencias claras entre los tratamientos, no así en fruta almacenada con 96% de humedad relativa (Figura 7). Cuando las cajas se mantuvieron en 65%, las diferencias entre tratamientos fueron evidentes en el pico y última cosecha, sin embargo, no para el comienzo de las cosechas (Figura 8).

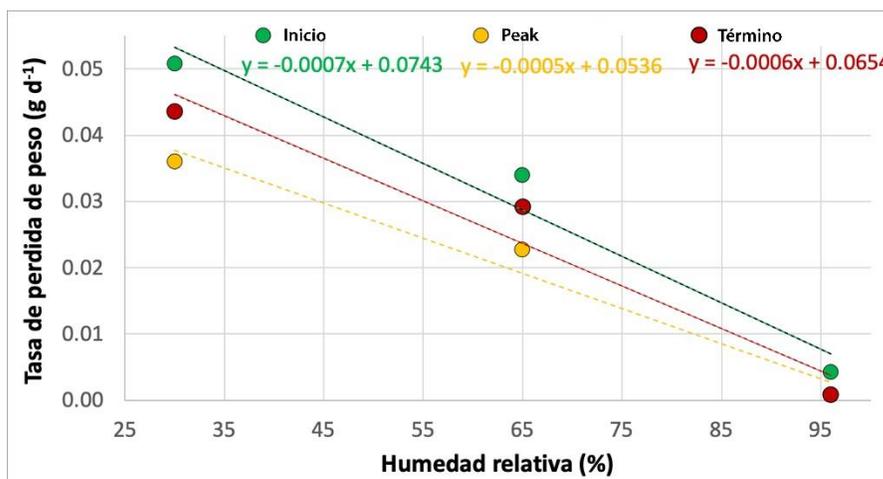


Figura 6. Tasa de deshidratación para cv “Brigitta” en momento de cosecha inicio, peak y término respectivamente, almacenados durante 10 d a 1,2 °C, bajo distintas condiciones de humedad relativa (30, 65 y 96%).

Cuadro 1. Impacto de los tratamientos sobre el bloom y la cicatriz pedicelar (CP) y de la humedad relativa, sobre la tasa de pérdida de peso (g d⁻¹) de frutos de arándanos 'Brigitta' provenientes de tres momentos de cosecha (inicio, peak y término) y almacenados por 10 d a 1,2 ± 0,7 °C.

| | Inicio | Peak | Término |
|--------------------------------|---------|---------|---------|
| Tratamiento sobre el fruto (T) | | | |
| Control | 0.031 c | 0.019 b | 0.023 b |
| Sin ceras | 0.043 d | 0.030 c | 0.036 c |
| Sin ceras y CP tapada | 0.025 b | 0.020 b | 0.024 b |
| Sólo CP tapada | 0.015 a | 0.010 a | 0.015 a |
| Valor p | 0.0000 | 0.0024 | 0.0000 |
| Humedad relativa (HR; %) | | | |
| 96 | 0.004 a | 0.001 a | 0.001 a |
| 65 | 0.034 b | 0.023 b | 0.029 b |
| 30 | 0.051 c | 0.036 c | 0.044 c |
| Valor p | 0.0000 | 0.0015 | 0.0000 |
| T x HR | | | |
| Valor p | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

Fuente: elaboración propia.

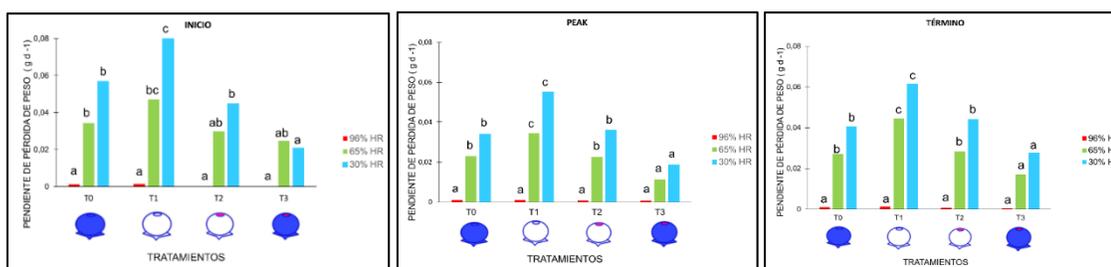


Figura 7. Efecto de la humedad relativa (HR) y tratamientos aplicados, sobre la pendiente de la pérdida de agua de frutos de arándano cv “Brigitta” en momento de cosecha inicio, peak, término respectivamente, almacenados durante 10 d a 1,2 °C, bajo distintas condiciones de humedad relativa (30, 65 y 96%).

5. DISCUSIÓN

Dado el importante diferencial de potenciales entre fruto y la demanda atmosférica de una cámara de almacenaje, la HR alta es relevante para mantener un menor déficit de presión de vapor y con esto disminuir la salida de agua del fruto. En efecto, por primera ley de Fick (Nobel, 2009), este diferencial de presiones permite un movimiento de vapor de agua desde la fruta hasta el ambiente que lo rodea (Ben-Yehoshua y Rodov, 2003), generando la deshidratación del fruto (Kader, 2002; Paniagua et al., 2013). Como se muestra en este trabajo, cuando la HR se mantuvo cercana a 100%, las pérdidas son mínimas comparadas con los ambientes con 65 y 30%.

En efecto, como ya ha sido reportado en arándanos, cuando el "*bloom*" es retirado de la fruta (T2), se estimula la pérdida de agua hasta un 50 % (Chu et al., 2018). Por su parte, a pesar de que la cicatriz pedicelar representa menos del 1 % de superficie total de la baya (Moggia et al., 2017), es la principal vía de deshidratación del fruto, pudiendo llegar a representar entre un 39 a 67% del agua del fruto, siendo menor en los genotipos que presentan una cicatriz pedicelar más pequeña o menos profunda (Moggia et al., 2017).

Los resultados obtenidos en este trabajo son similares a los reportados por Valdés (2019), en donde la cicatriz calicinal es la principal vía de pérdida de agua, seguida por el bloom. Respecto de la tasa de deshidratación estimada mediante regresión lineal para cada cosecha (Figura 7), las diferencias entre éstas dan cuenta en diferencias en las características del fruto de acuerdo al momento de muestreo, con la menor tasa en el pico de cosecha, lo que ha sido reportado previamente (Lobos et al., 2018).

6. CONCLUSIONES

En este estudio, la cicatriz pedicelar resultó ser de mayor importancia en la pérdida de agua respecto del "bloom", donde las diferencias entre frutos se presentaron con HR inferiores a 96%, Es por esto, que es esencial una alta HR, cercana al 90%, y una temperatura cercana a 0°C, para así disminuir el déficit de presión de vapor y evitar una mayor salida de agua del fruto.

Respecto de las cosechas, las características de los frutos parecieran diferir entre los momentos de cosecha, produciéndose la menor tasa de pérdida de peso en el peak de cosecha, por lo que se sugiere, que las tasas de pérdida de agua deben seguir estudiándose.

7. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armstrong, A. (2020). Portal Oficial de la Fruta Chilena de Exportación. Disponible en: <https://www.simfruit.cl/temporada-2020-2021industria-del-arandano-de-chile-proyecta-mantener-volumenes-de-exportacion-y-seguira-potenciando-la-calidad/>. Consultado el 20 de abril 2022.
- Ballinger, W., Kushman, L., and Hamann, D. (1973). Factors affecting the firmness of highbush blueberries. *Journal of the American society for horticultural science*, 98: 583-587.
- Ballington, J.R. (1990). Germplasm resources available to meet future needs for blueberry cultivar improvement. *Fruit Varieties J.* 44: 54-62.
- Banaras, M., Lownds, N.K. and Bosland, P.W. (1994). Relationship of physical properties to postharvest water loss in pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 26: 321-326.
- Beaudry RM, Moggia, C., Retamales, J.B., and Hancock, J.F. (1998). Quality of 'Ivanhoe' and 'Bluecrop' blueberry fruit transported by air and sea from Chile to North America. *J. Am. Scientia Horticulturae*, 33(2): 313–317.
- Beaudry, R.M., (1992). Blueberry quality characteristics and how can they be optimized. *Annual Report of the Michigan State Horticultural Soc.*, 122: 140-145.
- Becker, T. and Knoche, M. (2011). Water Movement through the Surfaces of the Grape Berry and Its Stem. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62(3): 340-350.
- Ben-Yehoshua, S. and Rodov, V. (2003). Transpiration and water stress. *Postharvest physiology and pathology of vegetables*, pp. 111-159.
- Biale, J.B. (1961). The Postharvest Biochemistry of Tropical and Subtropical Fruits, in Mrak, C.O.C.a.E.M. (ed.) *Advances in Food Research: Academic Press*, pp. 293-354.
- Biale, J. B., Young, R. E. and Olmstead, A.J. (1954). Fruit Respiration and Ethylene Production. *Plant Physiology*, 29(2):168-74.
- Birkhold, K.T., Koch, K.E., Darnell, R.L., (1992). Carbon and nitrogen economy of developing rabbiteye blueberry fruit. *J. Am. Soc. Scientia Horticulturae*, 117: 139-145.
- Burzo, I. (1980). Influence of temperature level on respiratory intensity in the main vegetables varieties. *Symposium on Postharvest Handling of Vegetables* 116: 61-64.

- Buzeta, A. (1997). Chile: Berries para el 2000. Primera edición. Fundación Chile. Santiago, Chile, pp. 133.
- Capellini, R.; Ceponis, M. (1977). Vulnerability of stem-end and scars of blueberry fruit to postharvest decays Phitopathology, 67: 118-119.
- Chu, W., Gao, H., Cao, S., Fang, X., Chen, H. and Xiao, S. (2017). Composition and morphology of cuticular wax in blueberry (*Vaccinium* spp.) fruits, Food Chemistry, 219: 436-442.
- Defilippi B., Robledo P., y Becerra C. (2013). Cap. 9 manejo de cosecha y postcosecha en arándano. Manual de arándano. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA Quilamapu. Boletín 263: 107-120.
Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39102.pdf>. Consultado el 22 de abril 2022.
- Forney, C. F. (2009). Postharvest issues in blueberry and cranberry and methods to improve market-life. International Society for Horticultural Science (ISHS), Leuven, Belgium, pp. 785-798.
- González et al., (2017). Capítulo 1. Variedades de arándanos. Manual del manejo agronómico del arándano. Boletín INIA N° 06, pp. 98.
- Gough, R., (1994). The Highbush Blueberry and Its Management. Food Products Press. Haworth Press Inc., 10 Alice Street, Binghamton, NY, pp. 272.
- Jetter, S., Schäffer, S., Riederer, M., (2000). Leaf cuticular waxes are arranged in chemically and mechanically distinct layers: evidence from *Prunus laurocerasus*, L. Plant Cell Environ. 23: 619–628.
- Kader, A.A. (2002). Postharvest biology and technology: an overview. In: Kader, A.A. (Ed.). Postharvest Technology of Horticultural Crops, Publication 3311, University of California, Oakland, CA, pp. 39-47.
- Kalt, W, MacDonald. (1996). Chemical Composition of Lowbush Blueberry Cultivars. J. Amer. Soc. Scientia Horticulturae, 12 (1): 142-146.
- Kunst, L., Samuels, L. (2009). Plant cuticles shine: advances in wax biosynthesis and export. Curr.Opin. Plant Biol. 12:721-727. doi: 10.1016/j.pbi.2009.09.009.
- Lobos, G.A., Callow, P., Hancock, J.F. (2014). The effect of delaying harvest date on fruit quality and storage of late highbush blueberry cultivars (*Vaccinium corymbosum* L.). Postharvest Biol. Technol. 87: 133-139. doi: 10.1016/j.postharvbio.2013.08.001.

- Lobos, G., Bravo, C., Valdés, M., Graell, J., Lara, I., Beaudry, R., y Moggia, C. (2018). Within-plant variability in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.): maturity at harvest and position within the canopy influence fruit firmness at harvest and postharvest. *Postharvest biology and technology*, 146: 26-35.
- Mainland, C.M., Eck, P., (1968). Induced parthenocarpic fruit development in highbush blueberry. *Proc. Am. Soc. Scientia Horticulturae*, 92: 284-289.
- Manganaris, G.A.; Goulas, V; Vicente, A.R., Terry, L.A. (2013). Berry antioxidants: small fruits providing large benefits. *J Sci Food Agric*. 94: 825-833. doi: 10.1002/jsfa.6432.
- Moggia, C., Graell, J., Lara, I., Schmeda-Hirschmann, G., Thomas-Valdés, S., Lobos, G.A. (2016). Fruit Characteristics and Cuticle Triterpenes as Related to Postharvest Quality of Highbush Blueberries. *Scientia Horticulturae*, 211: 449-457.
- Moggia, C.; Lobos, G.A.; Retamales, J.B. (2012). Beneficios del uso de atmósfera modificada para almacenaje prolongado de arándanos. *Rev. Frutícola*, N°3: 37-42.
- Moggia, C; Beaudry, R.M.; Retamales, J.B.; Lobos, G.A. (2017). 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.
- NeSmith, D.S., Prussia, S., Tetteh, M., Krewer, G., (2002). Firmness losses of rabbiteye blueberries (*Vaccinium ashei* Reade) during harvesting and handling. *Acta Hortic*. 574: 287-293. doi: 10.17660/ActaHortic.2002.574.43.
- Nobel, P. S. (2009). Chapter 1. Cells and Diffusion, *Physicochemical and Environmental Plant Physiology (Fourth Edition)*. San Diego: Academic Press, pp. 2-43.
- ODEPA, (2020). Catastros frutícolas. Sistemas de catastros de superficie frutícola regional. Disponible en: <https://www.odepa.gob.cl/rubros/frutas-frescas>. Consultado el 03 de octubre 2020.
- Paniagua, A., East, A., and Heyes, J. (2013). Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry. *Postharvest biology and technology*, 79: 13-19.
- Perkins-Veazie, P. (2004). Blueberry. In K. C. Gross, C.Y. Wang and M. Saltveit (Eds.). *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Stocks*. Vol 66. Bestville: USDA, ARS.
- Proctor, A., Peng L.C., (1989). Pectin transitions during blueberry fruit development and ripening. *J. Food Sci*. 54: 385-387.

- Pritts, M., Hancock, J., and Strik, B. (1992). Highbush blueberry production guide. Cooperative extension. Ithaca, New York, USA. pp. 200.
- Retamales, J., and Hancock, J. (2012). Blueberries. First edition. CABI. London, UK. pp. 323.
- Retamales, J. B., Palma, M. J., Morales, Y. A., Lobos, G. A., Moggia, C. E. and Mena, C. A. (2014). Blueberry production in Chile: current status and future developments. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36: 58-67.
- Sargent, S.A., Brecht, J.K., Forney, C.F. (2006). Blueberry harvest and postharvest operations: quality maintenance and food safety in Blueberries for Growers, Gardeners, Promoters, N.F. Childers and P.M. Lyrene, Eds., pp. 139-151.
- Saltveit, M. E. (2016). Respiratory metabolism, The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. *Agriculture Handbook*, 66: 68-75.
- Toivonen, P., and Brummell, D. (2008). Biochemical bases and appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest biology and technology*, 48: 1-14.
- Scheidt, T., and Silva, F. (2017). High pressure processing and storage of blueberries: effect on fruit hardness. *High pressure research*, 38: 80-89. doi: 10.1080/08957959.2017.1402895.
- Shirazi, A. and Cameron, A. C. (1993). Measuring transpiration rates of tomato and other detached fruit. *Scientia Horticulturae*, 28(10): 1035-1038.
- Timm, E. J., Brown, G. K., Armstrong, P. R., Beaudry, R. M., Shirazi, A. (1996). Portable instrument for measuring firmness of cherries and berries. *Appl. Eng. Agric.* 12: 71-77.
- Valdés, S. (2019). Participación de las distintas estructuras del fruto de arándano en la pérdida de agua (Memoria de título Magister). Universidad de Talca.
- Veraverbeke, E. A., Verboven, P., Van Oostveldt, P. y Nicolaï, B. M. (2003). Prediction of moisture loss across the cuticle of apple (*Malus sylvestris* subsp. *mitis* (Wallr.)) during storage: part 2. Model simulations and practical applications. *Postharvest Biology and Technology*, 30(1): 89-97.
- Vicente, A.R., Ortugno, C., Rosli, H., Powell, A.L.T., Greve, L.C., Labavitch, J.M. (2007). Temporal sequence of cell wall disassembly events in developing fruits 2. Analysis of blueberry (*Vaccinium* species). *J. Agr. Food Chemistry*, 55: 4125-4130. doi: 10.1021/jf063548j.

- Vogg, G., Fischer, S., Leide, J., Emmanuel, E., Jetter, R., Levy, A.A., Riederer, M., (2004). Tomato fruit cuticular waxes and their effects on transpiration barrier properties: functional characterization of a mutant deficient in a very-long-chain fatty acid-ketoacyl-CoA synthase. *J. Exp. Bot.* 55: 1401-1410.
- Whitelock, D. P., Bruswitz, G. H., Smith, M. W. y Zhang, X. (1994). Humidity and Airflow during Storage Affect Peach Quality. *Scientia Horticulturae*, 29(7): 798-801.
- Yeats, T. H. and Rose, J. (2013). The formation and function of plant cuticles. *Plant Physiol.* 163: 5-20.