TECNOLOGÍAS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN COSECHA-POSCOSECHA DE ARÁNDANOS

PROYECTO: DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN COSECHA - POSCOSECHA Y QUE CONTRIBUYAN A LA CALIDAD DE EXPORTACIÓN DE ARÁNDANOS FRESCOS

Responsable del Proyecto: María Alicia Feippe Fernández

[1]Ing. Agr., M.Sc.. Fisiología de Cosecha Poscosecha, Programa Nacional de Investigación Producción Frutícola, INIA Las Brujas.

Título: TECNOLOGÍAS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN COSECHA-POSCOSECHA DE ARÁNDANOS

Proyecto: Desarrollo de tecnologías para aumentar la eficiencia en Cosecha - Poscosecha y que contribuyan a la calidad de exportación de arándanos frescos

Responsable del Proyecto: Feippe Fernández, María Alicia

Serie Técnica N° 203

© 2013, INIA

INSTITUCIONES Y EQUIPOS TECNICOS PARTICIPANTES DEL PROYECTO

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA)

Ing. Agr. M.Sc. Feippe Fernández, María Alicia
Quím. Agric. Ibáñez Silva, Facundo
Ing. Agr. Lado Lindner, Joanna
Ing. Agr. Varela Pessolano, Pablo
Quím. Agric. Fredes, Alejandro
Asist. Lab. Martinez, Cecilia
Tecn Agrop. Pintos Rodríguez, Pedro
Tecn Agrop. Pereira Tadeo, Carlos
Tecn. Forest. Luque Nuñez, Mayza Eliana
Asist. Lab. Spina, Myriam
Ing. Agr. Prieto Ruiz, Gabriela

Universidad de la República - Facultad de Química
Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Quím. Farm. Dr. Panizzolo Martínez, Luis Alberto
Br. Maldonado Corbo, Laura
Br. Latorre Karina

Universidad Católica del Uruguay Dámaso Antonio Larrañaga
Facultad de Enfermería y Tecnologías de la Salud

Lic. Nut. Martínez Borche, Rosana Elizabeth
Lic. Nut. Vodanovich Cardozo, María Virginia

Gremiales

Unión de Productores de Arándanos (UPROA)

INTITUCIONES RESPONSABLES DEL FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII)
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA)

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay
http://www.inia.org.uy

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Esta publicación no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Integración de la Junta Directiva

Ing. Agr., MSc., PhD. Álvaro Roel - Presidente

D.M.T.V., PhD. José Luis Repetto - Vicepresidente

MINISTERIO DE GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA
REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

D.M.V. Álvaro Bentancur

D.M.V., MSc. Pablo Zerbino

Ing. Agr. Joaquín Mangado

Ing. Agr. Pablo Gorriti

CONTENIDO

Página

1. INTRODUCCIÓN 1
1.2 Objetivo general 2
1.3 Objetivos específicos 2
2. METODOLOGÍA 3
3. RESULTADOS 5
3.1Escala de color de piel 5
3.2 Variedades O´Neal y Misty 6
3.2.1 Sólidos Solubles (SS) 6
3.2.2 Acidez Total Titulable (ATT) 11
3.2.3 Relación Sólidos Solubles/Acidez (SS/ATT) 11
3.2.4 Textura 13
3.2.5 Evolución de textura en relación a color de piel 21
3.2.6 Incidencia de las condiciones ambientales de cosecha sobre la textura 21
3.3 Variedades Emerald y Jewel 23
3.3.1 - Sólidos Solubles (SS) 23
3.3.2 - Acidez Total Titulable 26
3.3.3 Relación Sólidos Solubles/Acidez (SS/ATT) 27
3.3.4 Textura 29
3.3.5 Cortes de epidermis y mesocarpo 37
3.4 Sistemas de almacenamiento 43
3.4.1 Variedad O´Neal 44
3.4.2 Variedad Misty 47
3.4.3 Pérdida de peso e Incidencia de hongos (AR y AM) 49
3.4.4 Cortes de epidermis y mesocarpo 50
3.5 Valor nutricional 55
3.5.1 Variedad O´Neal 55
3.5.2 Variedad Misty 57
3.5.3 Variedad Emerald 59
3.5.4 Variedad Jewel 60
3.5.5 Valor nutricional de O´Neal y Misty en AR y AM 61
3.5.6 Fibra dietaria o alimentaria total (FDT) 62
3.6 Perfil de antocianinas 65
3.6.1 O´Neal 66
3.6.2 Misty 68

Página

3.6.3 Emerald 71
3.6.4 Jewel 74
3.6.5 Sistema de almacenamiento (O´Neal y Misty) 81
4. CRITERIOS DE SELECCIÓN Y DESCARTE 82
5. CONCLUSIONES 88
5.1 Sólidos solubles (SS) 88
5.2 Acidez total titulable (ATT) 88
5.3 Relación Sólidos Solubles/Acidez (SS/ATT) 88
5.4 Textura 89
5.5 Sistemas de almacenamiento 89
5.6 Valor nutricional 90
5.7 Perfil de antocianinas 90
6. CONSIDERACIONES FINALES 91
7. BIBLIOGRAFÍA 91

RECONOCIMIENTOS

El Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) expresa su reconocimiento a las contrapartes participantes en este Proyecto. A la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), por su contribución al financiamiento del proyecto. A la Universidad de la República - Facultad de Química (Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos) por su colaboración en la ejecución técnica. A la Universidad Católica del Uruguay Dámaso Antonio Larrañaga (Facultad de Enfermería y Tecnologías de la Salud) por su aporte y discusión de resultados inherentes a la salud. A la Unión de Productores de Arándanos (UPROA), por su colaboración en el planteamiento de objetivos demandados por el sector. A las empresas comerciales de producción y exportación, por sus aportes de materia prima, personal e infraestructura: GAMOREL S.A, a través del Sr. Javier Grassi y LOS TEROS, a través de la Ing, Agr. Fernanda Montes De Oca. A los técnicos vinculados a las empresas productivas de arándanos, Ings. Agrs. Franco Bologna Fernández y Juan Pablo Furest, por su colaboración en la instalación de experimentos.

DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN COSECHA-POSCOSECHA Y QUE CONTRIBUYAN A LA CALIDAD DE EXPORTACIÓN DE ARÁNDANOS FRESCOS

1. INTRODUCCIÓN

El fruto del arándano o blueberry *(Vaccinium corymbosum)* corresponde a una baya, de forma esférica, con un diámetro de 1 a 2 cm según la variedad comercial, de color de piel azul intenso y recubierto de una serosidad característica, la pruina. Estos frutos son especies nativas de América del Norte, pero cuya plantación se ha ido expandiendo hacia el hemisferio sur. De acuerdo a datos internacionales, la demanda de arándanos ha experimentado un aumento en Norteamérica y Europa, lo cual genera una excelente oportunidad para países del hemisferio sur, como Uruguay, permitiéndole ingresar al mercado internacional con una oferta de contra estación. En nuestro país, las primeras plantaciones de arándanos comenzaron en los años 2000-2001, realizándose las primeras exportaciones en el año 2003. Si bien el cultivo está instalado en casi todo el país, las dos grandes zonas productoras están ubicadas al norte, en los departamentos de Salto y Paysandú y al sur, en los departamentos de Canelones y Montevideo, en predios que van desde emprendimientos de más de 100 ha a predios de menos de una ha. Los principales mercados de destino son la Comunidad Europea, Estados Unidos y Canadá. De acuerdo a los datos aportados por el Programa de Competitividad de Conglomerados y Cadenas Productivas, el arándano se ha posicionado como el segundo rubro de exportación de nuestro país a nivel frutícola. Actualmente el sector se enfrenta a desafíos, tales como buscar alternativas de mercado, estudios en relación a la utilización de excedentes de exportación, principalmente a nivel de industria y ajustes en tecnologías productivas aptas para las condiciones ambientales del cultivo en nuestro país. Ello permitirá aumentar la competitividad de las empresas nacionales a nivel internacional produciendo y manteniendo la calidad en cosecha y poscosecha. En relación a la calidad existen diversos conceptos por lo cual recurrimos a la definición bastante genérica, que se refiere al grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos. Un grupo de estos requisitos se refiere a las características, necesidades o expectativas establecidas que cada uno requiere y otro grupo a las características implícitas u obligatorias que se presupone se deben cumplir (UNIT, en ISO 9000:2000, apartado 3.1.1).

Las pérdidas poscosecha de productos frescos varían entre 25 y 50% de la producción, representando una disminución significativa en la disponibilidad de alimentos y un considerable daño económico. En el caso de arándanos nos referimos a excedentes, entre un 10 y 12%, originado principalmente por sobre madurez y deshidratación de frutos, ambas condiciones que no cumplen con las normas de calidad de productos frescos de los mercados compradores. Estas condiciones se asocian al estado de madurez del fruto en el momento de cosecha así como al ambiente de conservación. Los productores de arándanos han manifestado su preocupación ante el desconocimiento del estado de desarrollo del fruto más adecuado para iniciar la cosecha. Resultados obtenidos en otras frutas han demostrado que el estado de desarrollo a la cosecha, tiene un alto impacto en el potencial de almacenamiento, desde el punto de vista del mantenimiento de los principales atributos de calidad organoléptica, para el

consumo en fresco (Feippe A. y col., 2004). Frutas inmaduras experimentan mayor deshidratación y pueden no lograr las cualidades de consumo (dulzor, color y textura) y por otra parte frutas muy maduras, si bien presentan mejores cualidades físico-químicas, tienen menor vida poscosecha, mayor incidencia de enfermedades y su manipulación es más delicada. El mantener la calidad del fruto depende de factores como el cultivar (Silva *et al.,* 2005), estado de desarrollo o madurez de cosecha (Beaudry *et al.,* 1998), manipulación inmediata a la cosecha (Jackson *et al.,* 1999), condiciones de almacenamiento (Rosenfeld *et al.,* 1999; Feippe *et al.*, 2010) y empaque (Miller *et al.,* 1984). La investigación ha aportado a través del mejoramiento genético, cultivares con exigencias menores de horas de frío, altamente productivos y de fácil manejo durante la cosecha y transporte (Silva *et al.,*2005). Del mismo modo estudios de conservación de arándanos en Atmósferas Modificadas han permitido recomendar, para determinados cultivares, concentraciones óptimas de oxígeno y anhídrido carbónico capaces de disminuir la incidencia de patógenos y mantener la firmeza, sabor y aroma del fruto (Harb y Streif, 2004). Por otra parte, el almacenamiento de arándanos en Atmósferas Ionizadas, como coadyuvantes de la temperatura y humedad relativa, no mostró diferencias con la Atmósfera Convencional, en relación a la vida poscosecha de la fruta, expresada en términos de características físico químicas (Lado J., 2007).

La utilización de *clamshells* para empaque y posterior comercialización es una preocupación desde el punto de vista de la contaminación ambiental y a su vez no son atmósferas modificadas debido al diseño que presentan. Por ello se han realizado estudios de utilización de empaques biodegradables y compostables (Polylactide o PLA) para la distribución de berries. Los resultados mostraron que el PLA prolongó la vida de estante de arándanos almacenados a diferentes temperaturas (Almenar. E et. al., 2008). Volviendo sobre los conceptos ya presentados, la eficacia de las condiciones de almacenamiento en transporte y comercialización está relacionada a factores pre y poscosecha, entre los cuales se destacan especie, variedad y estado de desarrollo del fruto al momento de la recolección. En las condiciones de cultivo en Uruguay es importante conocer varietalmente cuál es el estado de desarrollo o madurez de cosecha óptima, períodos y condiciones de almacenamiento en transporte y comercialización, que garanticen que el fruto sea capaz de mantener y lograr los atributos de dulzor, nutrición, textura y sanidad, acordes con las exigencias del mercado.

Actualmente, al concepto de calidad de la fruta se le ha incorporado el valor nutricional, el cual es uno de los objetivos del mejoramiento genético, al plantearse obtener germoplasma con mayor contenido de biofenoles y actividad antioxidante. (Scalzo *et al.,* 2005). Estos atributos relacionados con la salud humana ha conducido a los distintos actores de la cadena de producción y distribución de arándanos, a darle especial importancia a su preservación (Rodarte, *et al.,*2008) ya que no todas estas propiedades se mantienen o maximizan durante la poscosecha.

Los antecedentes expuestos han conducido a plantear, para las condiciones de nuestro país, trabajos experimentales que enfoquen los aspectos de calidad en cosecha y poscosecha.

1.2 Objetivo general

Contribuir al desarrollo de la cadena productiva del arándano a través de estudios tecnológicos y bioquímicos de los estados de desarrollo del fruto y de técnicas de conservación, para asegurar la calidad de exportación de arándanos frescos.

1.3 Objetivos específicos

1- Estudiar el efecto de estados de madurez a la cosecha sobre la calidad final del fruto

2- Validar la utilización de Atmósfera Modificada de acuerdo al estado de madurez y variedad

3- Identificar y cuantificar el perfil de los pigmentos antocianidínicos de las variedades cultivadas en Uruguay y caracterizar su potencial nutracéutico.

2. METODOLOGÍA

Para la ejecución de este trabajo se utilizaron los cultivares O´Neal y Misty, provenientes de un predio comercial, ubicado en el departamento de Canelones, zona sur de Uruguay. Paralelamente fueron instalados en Salto, zona norte, experimentos con las variedades Emerald y Jewel, procedentes de una empresa productora y exportadora.

Para el almacenamiento se utilizaron cámaras refrigeradas ubicadas en el Laboratorio de Fisiología de Cosecha y Poscosecha de INIA Las Brujas y en INIA Salto Grande. La temperatura y humedad relativa fueron de 0 ± 1 ºC y 85-90% respectivamente.

Los parámetros evaluados fueron: sólidos solubles totales (SST), acidez total titulable (ATT), relación SST/ATT, pérdida de peso, desarrollo de hongos, fenoles totales, capacidad antioxidante, antocianinas, perfil de textura y fibra dietética alimentaria.

Se realizaron estudios de anatomía celular de las variedades utilizadas en los distintos tratamientos aplicados. Estos estudios fueron efectuados por la Cátedra de Botánica de Facultad de Química (UDELAR), de acuerdo a metodología desarrollada a estos fines por el Biólogo, Dr. Eduardo Alonso. Las muestras de frutos frescos, de tamaño similar, fueron fijadas con formol, alcohol al 70% y ácido acético glacial en la proporción 0,5, 9,0 y 0,5 respectivamente. Las frutas fueron cortadas por la parte ecuatorial, seleccionándose la mitad inferior, dividida a su vez en dos partes, las cuales se colocaron en Polietilenglicol (PEG). Los cortes fueron realizados con un micrótomo de deslizamiento y las fotos se registraron a 100 y 400 micrones.

El contenido de sólidos solubles fue determinado con un refractómetro ATAGO y los resultados expresados en grados Brix (ºBrix) conforme a la metodología AOAC.

La acidez total titulable, se valoró con una solución de NaOH 0.1 N e indicador fenolftaleína, de acuerdo con el Instituto Adolfo Lutz (1985) y los resultados fueron expresados en mg de ácido cítrico por 100 ml de jugo.

La incidencia de hongos se realizó visualmente, contabilizando la fruta con síntomas y los resultados fueron expresados en porcentaje del total de frutos evaluados.

La pérdida de peso se determinó por diferencia entre el peso inicial y final y los resultados obtenidos se expresaron en porcentaje.

Los fenoles totales (FT) fueron determinados por el método Folin -Ciocalteu y los resultados expresados en equivalentes de ácido gálico- EAG (Singleton and Rossi, 1965).

La capacidad o actividad antioxidante (AA) fue evaluada por la reducción del radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) y expresada como porcentaje de inhibición.

El contenido de antocianinas totales fue determinado utilizando el método espectrofotométrico a pH diferencial y los resultados obtenidos expresados en mg/100 g de peso fresco (Giusti y Wrolstad, 2001).

Los perfiles de antocianos se determinaron por HPLC-DAD (cromatografía líquida de alta resolución con arreglo de diodos), equipado con autosampler y software Empower Pro. La técnica empleada tuvo como referencia trabajos científicos recientes (Rodríguez, L. y Wrolstad R., 2001), con modificaciones realizadas por el Quim. Agric. Alejandro Fredes, en el laboratorio de Fisiología de Cosecha y Poscosecha de INIA Las Brujas.

El perfil de textura fue obtenido mediante un texturómetro TA.XT Plus (Texture Analyser Loadcell 50 KG capacity) registrándose los test de punción y compresión en la parte ecuatorial del fruto. Se utilizaron 30 arándanos de cada tratamiento aplicado (10 por repetición) y para cada medición se colocó el fruto sobre una placa de acrílico, con una concavidad, de modo que el fruto quedara inmovilizado y expuesto en su zona ecuatorial.

Para la fuerza de punción, se crearon los siguientes parámetros de trabajo: velocidad de pre-ensayo y ensayo: 1 mm /seg; velocidad de post-ensayo: 10 mm/seg; distancia de avance: 5 mm; tipo de disparo: Auto (fuerza) y fuerza de disparo 5 g, de acuerdo al

software incluido en el equipo y utilizándose un puntero cilíndrico de 2 mm de diámetro.

Para el test de compresión los parámetros de trabajo utilizados fueron: velocidad de pre-ensayo: 60 mm/min; velocidad de ensayo: 120 mm/min; velocidad de post-ensayo: 600 mm/min; distancia de avance: 2 mm; tipo de disparo: Auto (fuerza) y fuerza de disparo: 0,05 N, utilizándose un puntero cilíndrico de 1 cm de diámetro

La fibra dietética alimentaria se determinó en el laboratorio del Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Química (UDELAR), según el método oficial gravimétrico-enzimático de la AOAC (985.29). El mismo implicó una digestión enzimática de la muestra utilizando sucesivamente las enzimas alfa-amilasa, proteasa y amiloglucosidasa. Se tomó como fibra alimentaria al peso relativo del residuo de la digestión, el cual fue precipitado con etanol y filtrado realizándose lavados sucesivos con etanol y acetona (IFST,2007; AOAC, 1999).

Las distintas evaluaciones fueron realizadas al momento de cosecha, inmediatamente a cada período de almacenamiento refrigerado (0 °C) y luego de dos días a temperatura ambiente. En las variedades Misty y O´Neal, en 2010/2011, se evaluó también a temperatura de heladera (4 °C), inmediato a la cosecha y a cada período de almacenamiento a 0 °C.

En las variedades O´Neal y Misty, los tratamientos evaluados fueron dos estados de madurez (M1 y M2), de acuerdo a una escala de color de piel predeterminada: M1 con color morado alrededor del pedúnculo y M2 con color azul en la totalidad del fruto; tres períodos de almacenamiento refrigerado a 0 °C (15, 22 y 29 días) seguidos de dos días a temperatura ambiente y a 4 °C (2010/2011). En la siguiente zafra (2011/2012) se aplicaron los mismos tratamientos excepto el de 4 °C y almacenamiento de frutos de Misty, con madurez M1, durante 15 y 22 días.

En el caso de las variedades Emerald y Jewel, la fruta fue sometida a dos manejos diferenciales en poscosecha, de forma de simular las condiciones de acuerdo al destino de exportación (Estados Unidos de Norte América - USA y la Unión Europea). A la fruta comercializada en USA se le aplicó bromuro de metilo a 19 °C, según el protocolo de exportación de ese país. En tanto la fruta con destino a la Unión Europea, fue enfriada y almacenada inmediato a la cosecha, debido a que no se exige el tratamiento cuarentenario del bromurado. En 2010/2011, los tratamientos poscosecha para ambos destinos de comercialización, fueron 7, 14, 21 y 28 días a 0 °C y dos días a temperatura ambiente inmediatos al almacenamiento de 28 días. En 2011/2012, los períodos de almacenamiento a 0 °C fueron de 18, 25 y 32 días, seguidos de dos días en condiciones de temperatura ambiente, simulando la vida de estante.

Para los experimentos de sistemas de almacenamiento se utilizaron las variedades O´Neal y Misty, de la cosecha comercial de 2010/2011, para exportación. La fruta fue acondicionada en cajas, conteniendo 12 *clamshells* cada una. Una parte de las mismas fue almacenada en condiciones de atmósfera regular (AR) y la otra parte en atmósfera modificada (AM). Los tratamientos aplicados fueron 30, 35, 40 y 45 días a 0 ºC y 85-90 % de HR. Para la modificación de la atmósfera alrededor de los frutos se utilizaron bolsas con la membrana BreatheWay™ (BREAKTHROUGH SOLUTIONS LLC). El principio fundamental de las mencionadas membranas es regular la respiración de los productos, adecuando así los valores óptimos de oxígeno y anhídrido carbónico en el interior del empaque.

El experimento fue conducido en una distribución enteramente al azar, en arreglo factorial, con tres repeticiones. Cada unidad experimental constó de 10 cajas, tipo *clamshell*, de 125 g de capacidad.

Los resultados obtenidos de los parámetros físico-químicos fueron analizados por el programa MSTAT, utilizándose el procedimiento FACTOR (Nissen, 1988). El procedimiento RANGE, del mismo programa, fue empleado cuando hubo efecto significativo de las causas de variación, siendo las medias comparadas a través del test de Mínima Diferencia Significativa (Lsd) al nivel 5 % de probabilidad.

3. RESULTADOS

3.1 Escala de color de piel

En base a muestreos de campo, se confeccionaron tablas de color de las variedades estudiadas, a los efectos de servir como referencia de las características de los estados de desarrollo, discutidos en el presente trabajo. De acuerdo al color de piel, los estados de madurez o desarrollo M1 y M2 correspondieron al valor 4 y 5 respectivamente, para las variedades O´Neal y Misty (Figuras 1 y 2). En el caso de Emerald, al utilizarse una escala de color más amplia, el M1 correspondió a los valores 3 y 4 y el M2 a los valores 5 y 6 (Figura 3). En la variedad Jewel el M1 se correspondió con los valores 4 y 5 y el M2 con los valores 6 y 7 de la escala (Figura 4).

Figura 1. Variedad O´Neal. Escala de color de piel de diferentes estados de desarrollo de arándanos.

Figura 2. Variedad Misty. Escala de color de piel de diferentes estados de desarrollo de arándanos.

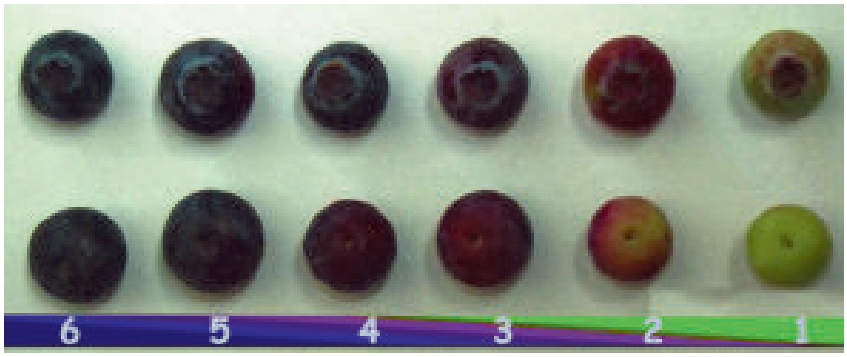


Figura 3. Variedad Emerald. Escala de color de piel de diferentes estados de desarrollo de arándanos.

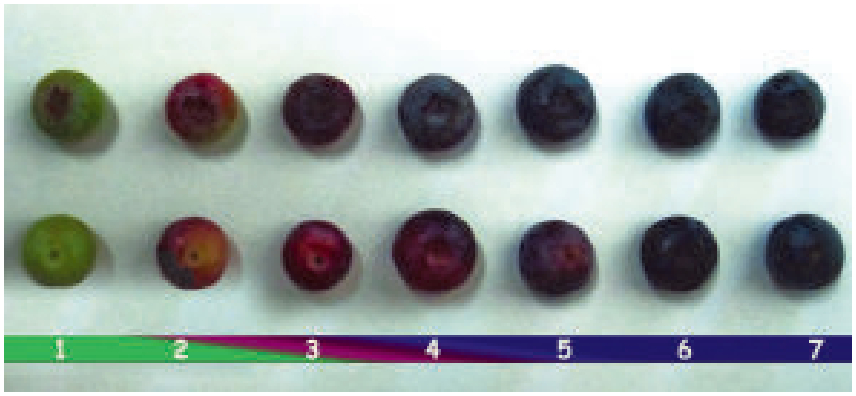


Figura 4. Variedad Jewel. Escala de color de piel de diferentes estados de desarrollo de arándanos.

3.2 Variedades O´Neal y Misty

3.2.1 Sólidos Solubles (SS)

El porcentaje de sólidos solubles (SS) está compuesto por un 65 a 80% de azúcares, por lo cual expresa aproximadamente y en muchas especies, el dulzor de una fruta. En el caso de arándanos, y en base a panel de consumidores, se ha reportado como mínimo índice de aceptabilidad, un valor de 10º Brix (Kader, 1999). Por otra parte, en las transacciones comerciales, dicho valor es utilizado como norma exigida de exportación o al momento de ingresar al mercado de destino. Otra particularidad es que una vez alcanzados los niveles propios de la variedad, su valor no experimenta variaciones importantes. Resultados similares se han obtenido en otras frutas, como manzanas y duraznos, donde suele darse un incremento en las etapas finales del desarrollo y posteriormente se mantienen estables o con un mínimo aumento e incluso pueden descender a medida que aumenta el período de almacenamiento (Feippe A. y col., 1998; 2004). Trabajos realizados con consumidores habituales de arándanos mostraron que variedades con desigualdades de hasta 2,6% entre sí, en los valores de SS, no fueron diferenciadas entre ellas como más o menos dulces al momento de ser degustadas. Los sólidos solubles no se correlacionaron, de acuerdo a los scores de clasificación de los panelistas, con la intensidad del dulzor de la fruta u otras características sensoriales (Saftner R. *et al.,* 2008). Si nos remitimos a trabajos realizados en manzana y con sistemas de producción diferentes (orgánica, integrada y convencional), los resultados obtenidos mostraron que si bien los niveles de SS a la cosecha fueron similares, sin embargo, al momento de la degustación, luego de 30 días de almacenamiento refrigerado, la manzana orgánica presentó 1,0 ºBrix más de SS, lo cual no fue captado por el consumidor (Feippe A. y col., 2008).

En el caso de arándanos, Kader *et al.* (2003) han sugerido que las antocianinas refractan fuertemente la luz y contribuyen a los valores de SS, medidos por refractometría. Por ello, los mismos probablemente no sean un buen indicador de las concentraciones de azúcares en los extractos de fruta de arándano, como lo son en otras frutas menos pigmentadas.

En el presente trabajo el factor estado de madurez o los promedios generales desde cosecha a final del almacenamiento, mostraron que la fruta cosechada con madurez M1 fue estadísticamente menor, en relación a los niveles de sólidos solubles, que la fruta cosechada con madurez M2.

En el caso de O´Neal el promedio general fue en 2010/2011 de 12,3 y 13,2 para M1 y M2 respectivamente y en el 2011/ 2012 esos valores correspondieron a 11,4 y 12,9 ºBrix. Si bien a nivel nacional, para arándanos, no contamos con experiencia en paneles de consumidores, podemos basarnos en trabajos de degustación de aquellos países donde el consumo de esta fruta es habitual y hacia donde Uruguay exporta, así como en datos obtenidos a nivel nacional con otras frutas. Las diferencias entre estados de madurez fueron de 0,9 y 1,5 ºBrix para 2011 y 2012 respectivamente (Figura 5). Estos resultados, probablemente, no incidirían en la calidad final del producto a nivel de consumidor, en relación al dulzor.

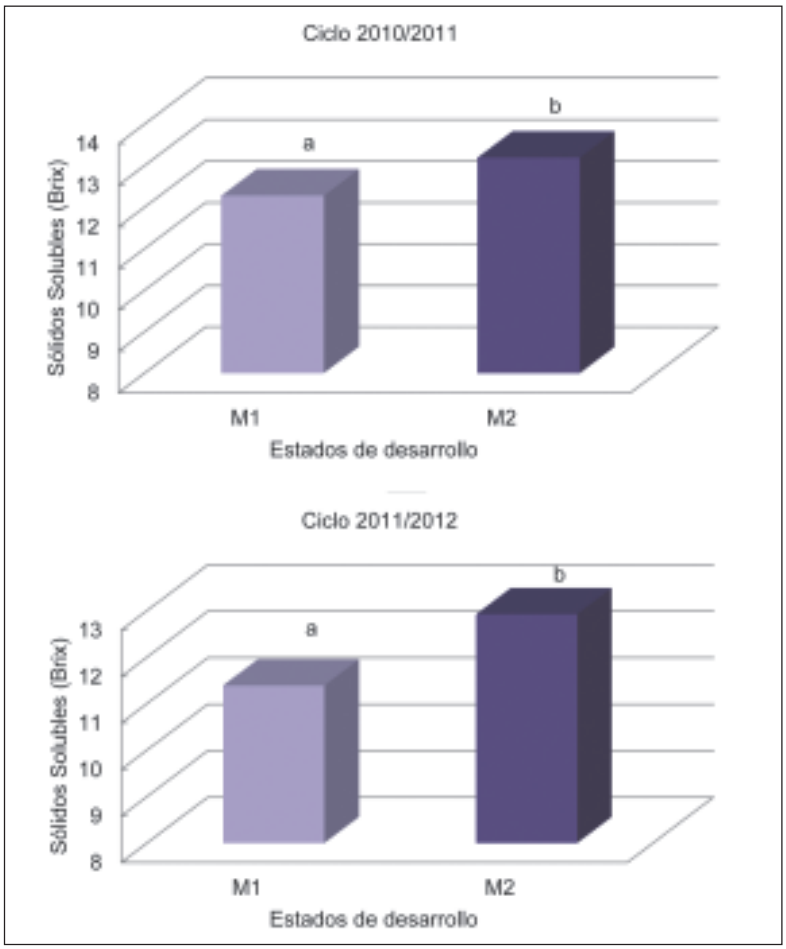


Figura 5. O´Neal. Efecto del factor estado de madurez sobre el contenido de sólidos solubles.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

En la variedad Misty la media del factor madurez fue 13,5 y 14,5 para M1 y M2 respectivamente, durante el ciclo 2010/2011, con una diferencia de 1,0 °Brix entre ambos estados de desarrollo. En el ciclo productivo 2011/2012 esos valores fueron de 12,4 y 14,4, donde la diferencia entre M1 y M2 fue de 2,0 °Brix (Figura 6).

Para ambas variedades existió una interacción significativa entre madurez o estado de desarrollo y los diferentes períodos de almacenamiento, tanto a 0 °C como a temperatura ambiente.

En la variedad O´Neal, en la zafra 2010/2011, los niveles de sólidos solubles, aumentaron durante el almacenamiento, siendo las diferencias más marcadas en la fruta cosechada con M1. Al momento de la recolección los frutos presentaron un valor de 12 °Brix, llegando al final del período a un valor de 12,7 °Brix, o sea un aumento del 0,7 °Brix. Si bien se obtuvieron valores superiores en condiciones de temperatura ambiente, las diferencias con la fruta a 0 °C y 4 °C, no obstante las diferencias significativas, no representaron aumentos o disminuciones contrastables. En tanto para el estado M2, la diferencia entre cosecha (13,4 °Brix) y final del almacenamiento (13,5 °Brix) fue de solamente 0,1 °Brix, lo que muestra una mayor constancia en los valores de este parámetro. Si bien se mantienen las diferencias entre M1 y M2 durante la poscosecha, en algunos

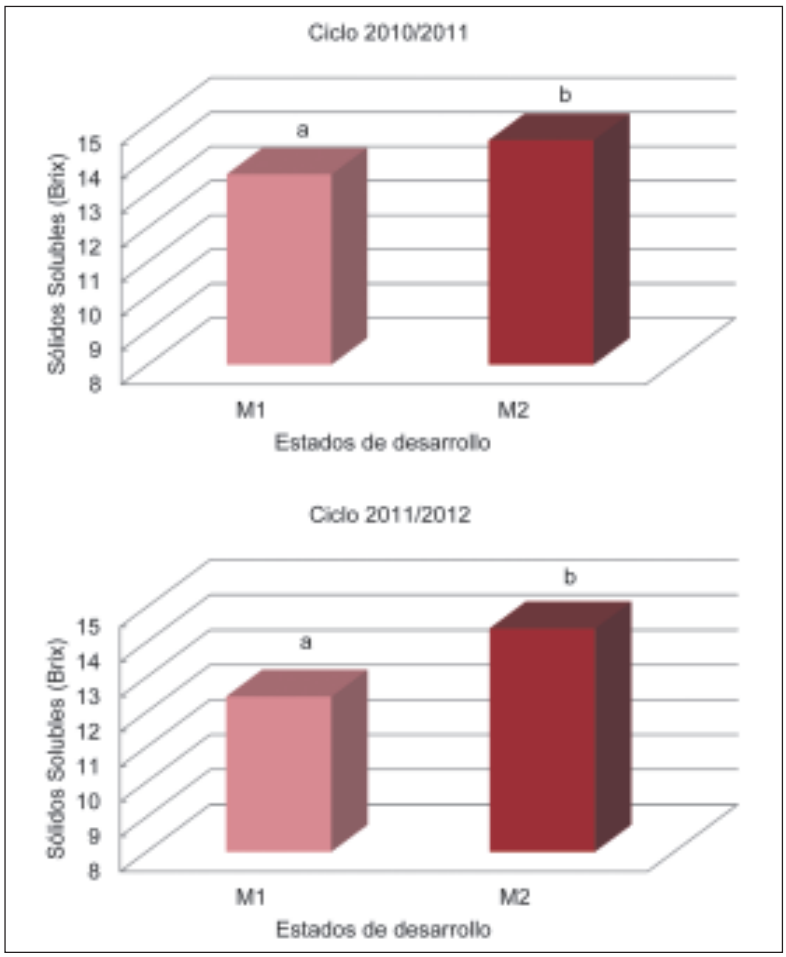


Figura 6. Misty. Efecto del factor estado de madurez sobre el contenido de sólidos solubles.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0;05, Lsd.

casos presentaron valores similares y a los 29 días, seguidos de dos a temperatura ambiente, se obtuvo una diferencia de 0,8 % entre los dos estados de desarrollo (Cuadro 1).

En el ciclo productivo 2011/2012, durante el almacenamiento de los frutos de ambos estados de desarrollo, los valores no tuvieron incrementos destacados. La fruta de M1, cosechada con 11,2 °Brix, llegó al final del período a temperatura ambiente con 11,4 °Brix, o sea con una diferencia de solo 0,2 °Brix, la cual fue no significativa. Para la fruta de M2, cosechada con 12,7 °Brix, si bien aumentó levemente el contenido de SS durante el almacenamiento, al final del período los frutos presentaron el mismo valor que a cosecha. De acuerdo a los datos obtenidos se observó una similitud de comportamiento en ambos ciclos productivos en relación a éste parámetro (Cuadro 2).

En la variedad Misty, en el ciclo correspondiente a 2010/2011, aumentaron los valores de SS durante el almacenamiento en relación a los valores de cosecha. Este aumento fue más notorio en los arándanos de M1, donde el valor inicial fue de 12,9 °Brix, llegando al final del período, a un valor promedio de 14,9 °Brix, correspondiendo a un aumento de 2,0 °Brix. Si bien la fruta de M2, tuvo el mismo comportamiento, el aumento entre el valor de cosecha (14,1) y final del almacenamiento (14,5) fue de 0,4 °Brix, siendo similares entre sí. Por otra parte, los arándanos de M1 lograron niveles similares a los de M2, luego de dos días a 4 °C y a temperatura ambiente, posteriores al almacenamiento de 29 días a 0 °C (Cuadro 3) .

Cuadro 1. O´Neal (2010/2011). Incidencia del estado de desarrollo y almacenamiento sobre los valores medios de sólidos solubles y acidez total titulable a la cosecha, 15, 22 y 29 días de almacenamiento a 0 ºC, seguidos de dos días a temperatura ambiente y a 4 ºC

Tratamientos	Sólidos Solubles Totales (ºBrix)		Acidez Total Titulable (% de ácido cítrico)	
	M1	M2	M1	M2
Cosecha	12,0 aA	13,4 bAB	0,863 aA	0,413 bA
Cosecha + 2 días a temperatura ambiente	11,6 aA	13,3 bAB	0,360 aF	0,248 bD
Cosecha + 2 días a 4 ºC	11,8 aA	13,6 bA	0,737 aB	0,380 bAB
15 días a 0 °C	11,5 aA	13,0 bB	0,647 aC	0,258 bD
15 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	12,0 aA	12,9 bBC	0,337 aF	0,218 bD
15 días (0°) + 2 días a 4 ºC	11,5 aA	11,9 aD	0,593 aD	0,284 bC
22 días a 0 ºC	12,9 aB	13,7 bA	0,733 aB	0,281 bC
22 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	13,1 aB	13,5 aA	0,497 aD	0,278 bC
22 días (0°) + 2 días a 4 ºC	12,9 aB	12,5 aC	0,313 aF	0,291 bC
29 días a 0 ºC	12,0 aA	13,4 bAB	0,817 aA	0,357 bB
29 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	12,7 aB	13,5 bAB	0,500 aE	0,244 bD
29 días (0°) + 2 días a 4 ºC	12,7 aB	13,5 bA	0,840 aA	0,351 bB
	C.V = 2,07 Lsd = 0,43		C.V = 7,29 Lsd = 0,052	

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

Cuadro 2. O´Neal (2011/2012). Incidencia del estado de desarrollo y almacenamiento sobre los valores medios de sólidos solubles y acidez total titulable a la cosecha, 15, 22 y 29 días de almacenamiento a 0 ºC, seguidos de dos días a temperatura ambiente

Tratamientos	Sólidos Solubles Totales (ºBrix)		Acidez Total Titulable (% de ácido cítrico)	
	M1	M2	M1	M2
Cosecha	11,2b AB	12,7a A	1,167a A	0,582b A
Cosecha + 2 días a temperatura ambiente	10,9b B	12,8a A	0,832a C	0,432b B
15 días a 0 ºC	11,6b A	13,0a A	1,063a B	0,502b AB
15 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	11,6b A	13,5a B	0,745a C	0,365b BC
22 días a 0 ºC	11,6b A	12,9a A	1,076a AB	0,560b A
22 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	11,2b AB	12,9a A	0,813a C	0,502b AB
29 días a 0 ºC	11,5b A	12,9a A	1,041a B	0,603b A
29 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	11,4b A	12,7a A	0,544a D	0,305b C
	C.V = 2,23 Lsd = 0,452		C.V= 7,80 Lsd = 0,091	

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

Cuadro 3. Misty (2010/2011). Incidencia del estado de desarrollo y almacenamiento sobre los valores medios de sólidos solubles y acidez total titulable a la cosecha, 15, 22 y 29 días de almacenamiento a 0 ºC, seguidos de dos días a temperatura ambiente y a 4 ºC

Tratamientos	Sólidos Solubles Totales (ºBrix)		Acidez Total Titulable (% de ácido cítrico)	
	M1	M2	M1	M2
Cosecha	12,9 aDE	14,1 bB	1,344 aA	0,637 bA
Cosecha + 2 días a temperatura ambiente	13,7 aC	14,6 bAB	0,646 aF	0,342 bC
15 días a 0 °C	12,8 aDE	14,5 bAB	0,878 aE	0,596 bA
15 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	12,7 aDE	14,9 bA	0,663 aF	0,372 bC
15 días (0°) + 2 días a 4 ºC	12,3 aE	14,0 bB	0,933 aD	0,615 bA
22 dias a 0 ºC	13,6 aC	14,4 bAB	1,070 aC	0,613 bA
22 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	13,9 aC	14,7 bA	0,800 aE	0,453 bB
22 días (0°) + 2 días a 4 ºC	12,6 aE	14,7 bA	1,126 aBC	0,496 bB
29 días a 0 ºC	13,3 aCD	14,7 bA	1,130 aBC	0,503 bB
29 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	14,9 aB	14,9 aA	0,652 aF	0,349 bC
29 días (0°) + 2 días a 4 ºC	14,9 aB	14,5 aAB	1,160 aB	0,465 bB
	C.V = 2,76 Lsd = 0,64		C.V = 6,41 Lsd = 0,074	

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

Las condiciones de trabajo fueron distintas en el ciclo productivo 2011/2012, debido a que no se encontró suficiente fruta del estado M1. Las características de ésta variedad, con un ramillete de frutas más compacto que la O´Neal, dificultó la selección en el campo. Por otra parte se constató una maduración uniforme, comparada con el año anterior.

La fruta de M1, almacenada 29 días a 0 °C y luego a temperatura ambiente aumentó el contenido de SS, pasando de 12,0 °Brix a la cosecha a 12,9 °Brix al final del período, con una diferencia de 0,9%. En la fruta con M2, si bien aumentó en los sucesivos almacenamientos, a los 29 días descendió su valor, siendo el mismo similar al registrado en cosecha (Cuadro 4).

3.2.2 Acidez Total Titulable (ATT)

En las variedades O´Neal y Misty (2010/2011 y 2011/2012), el factor estado de desarrollo o madurez de cosecha incidió en los valores promedios generales, los cuales fueron inferiores en los arándanos correspondientes a M2 (Figuras 7 y 8). A su vez la interacción madurez/almacenamiento mostró una disminución de los valores de éste parámetro durante los consecutivos períodos de almacenamiento, pero siempre conservando valores inferiores para la fruta con M2. Por otra parte la menor acidez correspondió a los arándanos mantenidos a temperatura ambiente, luego de cada período de almacenamiento. A temperatura de 4 ºC, sus valores fueron, en algunos casos, similares a los del período a 0 ºC. En base a los datos obtenidos se observó diferencias más contundentes en éste parámetro, entre los dos estados de madurez a cosecha, que en el nivel sólidos solubles (Cuadros 1, 2, 3 y 4).

3.2.3 Relación Sólidos Solubles/ Acidez (SS/ATT)

En éste trabajo, como ya se mencionó, no se realizó análisis sensorial, debido a que nuestra población no es un consumidor habitual de arándanos, por lo cual se utilizaron referencias de estudios realizados con el público de los mercados compradores. Ya en 1992, Beaudry, R, reportó como estándares de calidad de arándanos valores mayores a 10 °Brix, 0,3 a 1,3 % de acidez y una relación sólidos solubles/acidez entre 10 y 33. Trabajos recientes, basados en el anterior, concluyeron que las diferencias importantes

Cuadro 4. Misty. (2011/2012). Incidencia del estado de desarrollo y almacenamiento sobre los valores medios de sólidos solubles y acidez total acidez total titulable a la cosecha, 15, 22 y 29 días de almacenamiento a 0 ºC, seguidos de dos días a temperatura ambiente

Tratamientos	Sólidos Solubles Totales (ºBrix)		Acidez Total Titulable (% de ácido cítrico)	
	M1	M2	M1	M2
Cosecha	12,0a A	14,1b C	1,847a A	0,844b A
Cosecha + 2 días a temperatura ambiente	12,2a A	15,2b AB	1,428a B	0,668b B
15 días a 0 ºC	s/d	14,9 B	s/d	0,795 A
15 días (ºC) + 2 días a temperatura ambiente	s/d	15,5 A	s/d	0,551 BC
22 días a 0 ºC	s/d	14,3 C	s/d	0,822 A
22 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	s/d	15,0 AB	s/d	0,620 B
29 días a 0 ºC	12,7a B	14,1b C	1,598a C	0,820b A
29 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	12,9a B	14,1b C	0,829a D	0,443b C
	C.V = 1,83 Lsd = 0,470		C.V = 9,91 Lsd = 0,124	

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

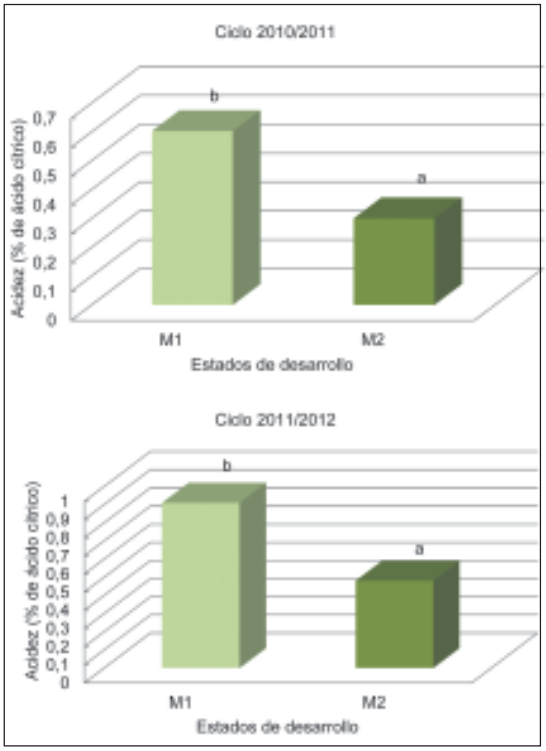


Figura 7. O´Neal. Efecto del factor estado de madurez sobre la Acidez Total Titulable.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

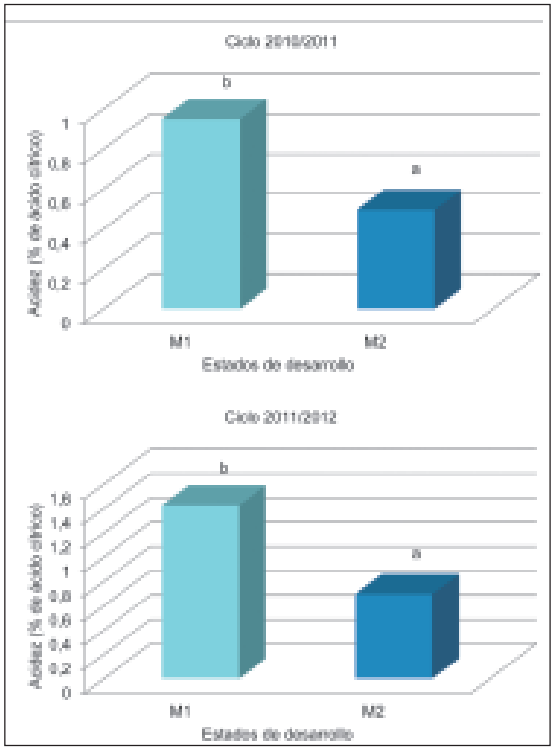


Figura 8. Misty. Efecto del factor estado de madurez sobre la Acidez Total Titulable.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

de acidez entre frutos, tienen mayor impacto en una evaluación sensorial. Las disparidades entre las relaciones SS/acidez, fueron atribuidas a la incidencia de la acidez y no a la de los Sólidos Solubles, debido a su limitada variación (Saftner, R *et al*., 2008). En nuestro caso, también basándonos en los antecedentes citados, no se obtuvieron diferencias contundentes de los niveles de SS dentro de la fruta de cada madurez, ni durante el almacenamiento, pero sí en el contenido de ácidos. Por tanto los contrastes encontrados en la relación SS/ATT, se atribuyen a la concentración de ácido cítrico, más que a la de sólidos solubles.

En la variedad O´Neal, durante los dos ciclos del cultivo, las mayores relaciones entre SS/ATT correspondieron a los frutos con estado de desarrollo M2 y esa tendencia se mantuvo durante todos los períodos de almacenamiento. En la zafra 2010/2011, solamente la fruta de M1, mantuvo los valores de la relación SS/Acidez, dentro del rango de calidad establecida, de acuerdo a la preferencia del consumidor. En el ciclo 2011/2012, los valores de esa relación fueron más concordantes con los estándares de calidad mencionados. La fruta de M1 estuvo siempre en los límites recomendados, en tanto la de M2 solamente se apartó del rango a temperatura ambiente, luego de 29 días a 0°C (Figura 9).

En la variedad Misty, en el ciclo 2010/2011, la relación SS/ATT de la fruta de M1 mantuvo durante todo el período valores dentro de los estándares marcados tanto a 0 °C como a temperatura ambiente. En tanto los arándanos de M2, mantuvieron la relación estándar solamente durante los períodos a 0 °C.

En el ciclo 2011/2012, la fruta de M2 mantuvo a 0 °C y a temperatura ambiente la relación estándar de calidad. La fruta de M1, a cosecha y en los dos días posteriores no alcanzó el mínimo nivel requerido de calidad. No obstante, luego de los 29 días, seguidos

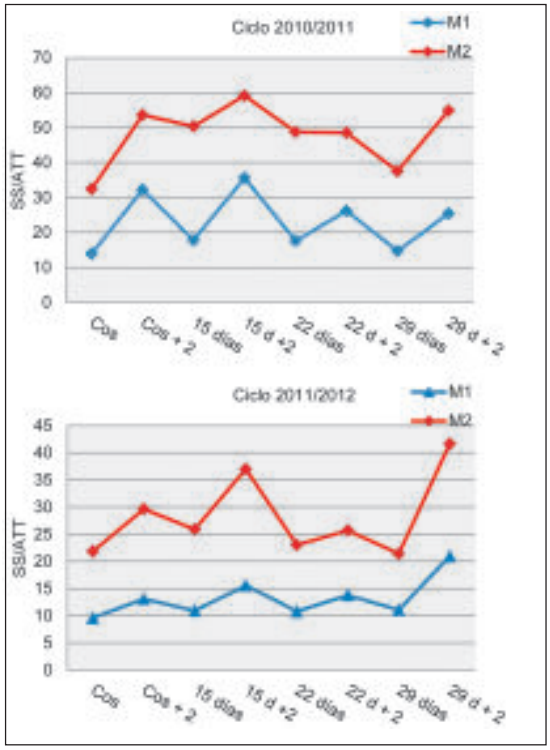


Figura 9. O´Neal. Evolución de la relación entre Sólidos Solubles y Acidez (SS/ATT) en frutos de arándanos a la cosecha, 15, 22 y 29 días a 0 °C, seguidos de dos días a temperatura ambiente.

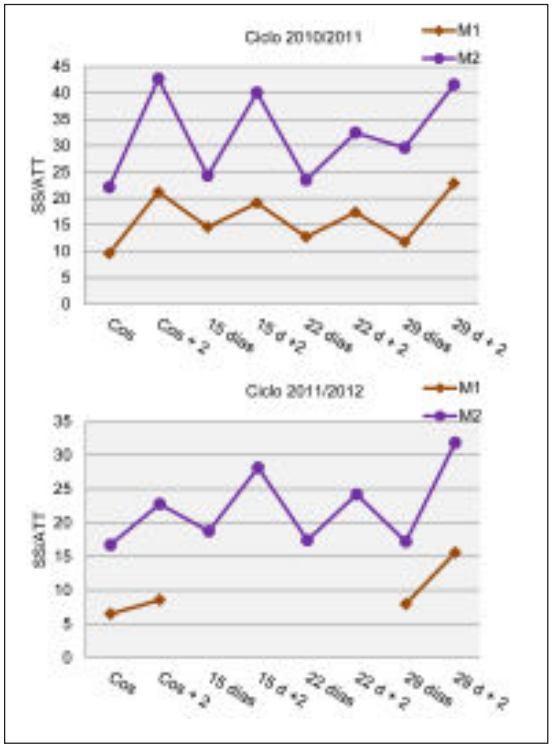


Figura 10. Misty. Evolución de la relación entre Sólidos Solubles y Acidez (SS/ATT) en frutos de arándanos a la cosecha, 15, 22 y 29 días a 0 °C, seguidos de dos días a temperatura ambiente (2011) y a cosecha y 29 días a 0 °C, seguidos de dos días a temperatura ambiente (2012).

de la vida de estante, el valor de la relación se ubicó dentro del rango de calidad (Figura 10).

En ambas variedades la relación fue siempre inferior en la fruta de M1, desde cosecha a final del almacenamiento.

3.2.4 Textura

La firmeza es un atributo de la textura de las frutas frescas relacionada con el estado de desarrollo a la cosecha y la cual incide en su posterior madurez de consumo, período de almacenamiento y resistencia físico - química durante las operaciones comerciales (Feippe, A. y col., 2003; Feippe, A. y col, 2006).

En el caso de los arándanos, las características de la textura han sido uno de los criterios considerados en el mejoramiento genético, conjuntamente con el tamaño, precocidad, productividad y propiedades del fruto. Ello resulta de la necesidad de preservar la calidad, considerando el transporte a mayores distancias, producto del incremento de la demanda, lo cual requiere de variedades más resistentes a la manipulación (Hancock, 2001).

En el caso de Uruguay prácticamente todo el volumen producido es destinado a exportación, principalmente Estado Unidos y Europa. Ello implica que los frutos pasan por varias etapas de manejo desde la cosecha hasta llegar al consumidor final, lo cual afecta sus propiedades estructurales. Teniendo en cuenta que los arándanos son frutos perecederos, la firmeza o la resistencia de la pulpa y piel, constituye una barrera importante al deterioro, producido por la deshidra-

tación, desarrollo de enfermedades y daños físicos durante las operaciones cosecha - poscosecha.

Las alteraciones en la textura de la fruta se deben a las modificaciones naturales de la pared celular durante su desarrollo, incluyendo la maduración y senescencia. Este proceso puede ser cuantificado a través de parámetros en función de fuerza, tiempo y distancia (Bourne, M. 1980). A su vez, buena parte de los cambios experimentados en la estructura de la pared celular están determinados genéticamente (Dussán Sarrias *et al.,* 2008), explicando las diferencias varietales de textura. De acuerdo a trabajos anteriores, se reporta a la variedad O´Neal como menos firme que la Misty y Emerald, lo cual estaría indicando que estas últimas, presentan una cutícula más resistente. Esta condición es muy importante al momento de seleccionar variedades a ser producidas para mercados distantes, además de la precocidad y volumen de producción (Zapata, L.M. *et al.,* 2010).

Existen formalidades de exportación específicas para arándanos, considerando la firmeza como uno de los requisitos más importantes. Por ejemplo, en Argentina, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación (SAGPYA Nº 201/ 2007) ha creado el protocolo de calidad de arándanos frescos, puntualizando que las bayas, para mercado externo, deben tener la condición de fruta firme al tacto.

En el presente trabajo, la textura de los arándanos fue determinada a través de las mediciones de fuerza máxima de punción y fuerza máxima de compresión.

Se define como fuerza de punción, el valor máximo de la fuerza medida en Newton (N) necesaria para producir la fractura de la superficie de la baya (Figura 11).

A su vez, se define la fuerza de compresión como la fuerza máxima (medida en Newton) requerida para comprimir 3 mm la zona ecuatorial del fruto, con una sonda de 10 mm de diámetro, a una velocidad de análisis de 120 mm/min. (Figura 12).

El factor estado de desarrollo o madurez de cosecha, en ambas variedades, afectó la fuerza máxima requerida para penetrar la baya, así como la fuerza de compresión. Los valores de textura obtenidos fueron significativamente inferiores en los arándanos con madurez M2 (Figuras 13, 14, 15 y 16).

Figura 11. Medida de punción en la zona ecuatorial de arándano, expresada como fuerza máxima (Sonda P/2).

Figura 12. Medida de compresión en la zona ecuatorial de arándano, expresada como fuerza máxima (Sonda P/10).

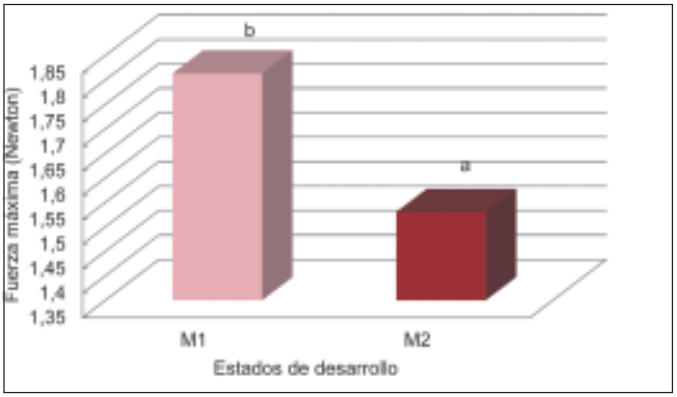


Figura 13. O´Neal. Fuerza de punción- Efecto del factor estado de madurez sobre el promedio general de fuerza de punción.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

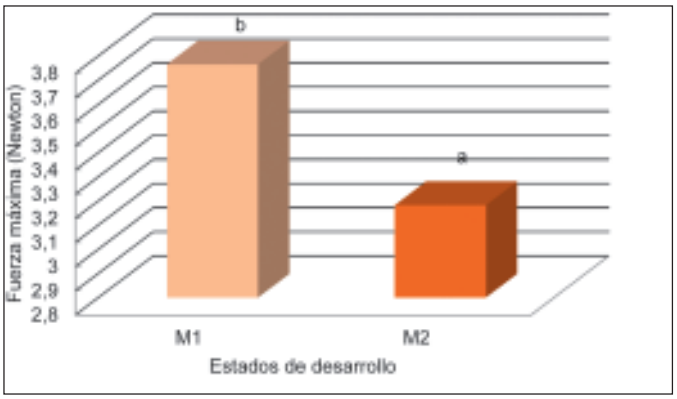


Figura 14. O´Neal. Fuerza de compresión- Efecto del factor estado de madurez sobre el promedio general de fuerza de compresión.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

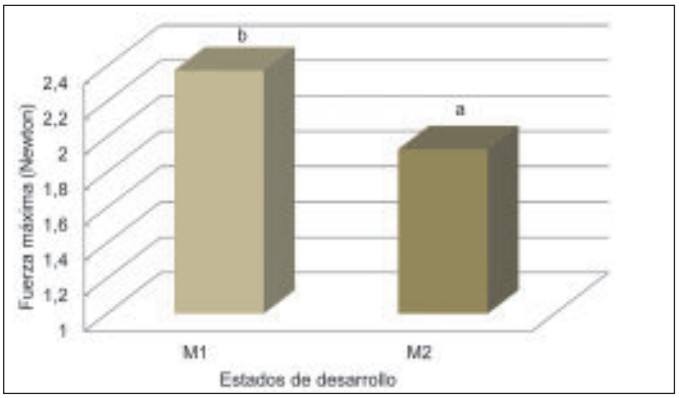


Figura 15. Misty. Fuerza de punción- Efecto del factor estado de madurez sobre el promedio general de fuerza de punción.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

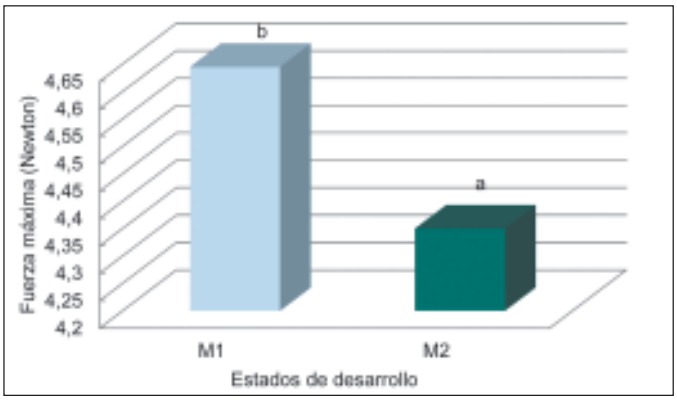


Figura 16. Misty - Fuerza de compresión- Efecto del factor estado de madurez sobre el promedio general de fuerza de compresión.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

Considerando la interacción de madurez y almacenamiento, en la variedad O'Neal, las pérdidas de peso de la fruta fueron de 0,51, 1,14 y 1,88% durante 15, 22 y 29 días respectivamente, en la fruta cosechada con M1. Los datos de fuerza de punción, mostraron que los mismos aumentaron a medida que lo hizo la pérdida de peso, siendo esas diferencias significativas a los 29 días de frío, en relación al valor de cosecha. No obstante la fruta experimentó un ablandamiento en condiciones de temperatura ambiente, en relación a la firmeza de cosecha. En tanto en la cosechada con M2, con pérdidas de peso de 0,19, 1,06 y 1,15% para los mismos períodos de almacenamiento, la fuerza de punción fue similar a partir de los dos días a temperatura ambiente, inmediato a la cosecha. La fuerza de compresión en la fruta de M1 aumentó a partir de cosecha, pero no varió durante el almacenamiento. En la de M2, en términos generales, la fuerza de compresión fue la misma que la registrada en cosecha (Cuadro 5).

En la variedad Misty, la pérdida de peso fue 1,30% luego de 29 días de frío en los arándanos cosechados en estado de desarrollo M1. El efecto de la interacción madurez por almacenamiento, mostró que la fuerza de punción fue significativamente inferior en relación a la registrada en cosecha, al final del período de almacenamiento, en tanto la fuerza de compresión fue significativamente superior. La pérdida de peso en la fruta cosechada con M2 fue de 0,65, 0,85 y 0,94 % durante 15, 22 y 29 días de almacenamiento. Esas diferencias fueron registradas por el texturómetro, aumentando también la resistencia de la piel del fruto a las fuerzas de punción y compresión, a partir de la cosecha, pero sin variaciones importantes durante el almacenamiento (Cuadro 6).

Aunque la pérdida de agua, hace físicamente, más resistente a los frutos a la compresión y punción, los arándanos no presentaron síntomas visibles de deshidratación, coincidente con los bajos porcentajes de disminución de peso (Figuras 17, 18, 19 y 20). Por otra parte los cortes de epidermis y mesocarpo mostraron los aspectos internos de la fruta y sus diferencias histológicas en relación a estados de madurez y almacenamiento (Figuras 21 a 32). A su vez, hay que tener en cuenta que el texturómetro es un instrumento de alta precisión, el cual no depende de la operativa humana. Este equipo

Cuadro 5. O´Neal (2011/2012). Incidencia del estado de desarrollo y almacenamiento sobre los valores medios de fuerza de punción y compresión a la cosecha, 15, 22 y 29 días de almacenamiento a 0 ºC, seguidos de dos días a temperatura ambiente

Tratamientos	Punción (Newton)		Compresión (Newton)	
	M1	M2	M1	M2
Cosecha	1,872a B	1,452b B	3,762a B	3,206b B
Cosecha + 2 días a temperatura ambiente	1,546a D	1,489a AB	2,934a C	2,763a C
15 días a 0 ºC	1,854a BC	1,531b AB	4,099a A	3,306b AB
15 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	1,744a C	1,568b A	3,622a B	3,199b B
22 días a 0 ºC	1,928a AB	1,584b A	4,258a A	3,507b A
22 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	1,759a C	1,566b A	3,494a B	3,036b B
29 días a 0 ºC	2,026a A	1,510b A	4,344a A	3,126b B
29 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	1,777a C	1,538b AB	3,605a B	3,313b AB
	C.V = 3,86 % Lsd = 0,10		**C.V = 5,17 % Lsd =0,30**	

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

Cuadro 6. Misty (2011/2012). Incidencia del estado de desarrollo y almacenamiento sobre los valores medios de fuerza de punción y compresión a la cosecha, 15, 22 y 29 días de almacenamiento a 0 ºC, seguidos de dos días a temperatura ambiente

Tratamientos	Punción (Newton)		Compresión (Newton)	
	M1	M2	M1	M2
Cosecha	2,819a A	1,821b C	4,202a C	3,967a C
Cosecha + 2 días a temperatura ambiente	2,095a C	1,879b BC	3,868a D	3,906a C
15 días a 0 ºC	s/d	2,036 A	s/d	4,925 AB
15 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	s/d	1,996 AB	s/d	4,800 AB
22 días a 0 ºC	s/d	2,114 A	s/d	5,041 A
22 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	s/d	2,082 A	s/d	4,430 BC
29 días a 0 ºC	2,321a B	2,003b AB	5,540a A	4,737b AB
29 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	2,263a B	2,015b A	4,972a B	4,833a AB
	C.V = 4,04 % Lsd = 0,141		C.V =7,4 % Lsd =0,594	

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

Figura 17. O'Neal. Apariencia externa de arándanos cosechados en estado de desarrollo M1 (color morado alrededor del pedúnculo) luego de 29 días a 0 °C.

Figura 18. O'Neal. Apariencia externa de arándanos cosechados en estado de desarrollo M2 (con color azul en la totalidad del fruto) luego de 29 días a 0 °C.

Figura 19.Misty. Apariencia externa de arándanos cosechados en estado de desarrollo M1 (color morado alrededor del pedúnculo) luego de 29 días a 0 ^{0}C.

Figura 20. Misty. Apariencia externa de arándanos cosechados en estado de desarrollo M2 (con color azul en la totalidad del fruto) luego de 29 días a 0 ^{0}C.

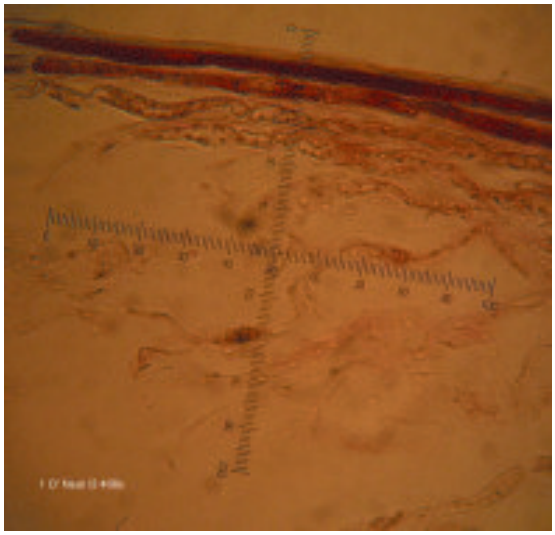


Figura 21.O'Neal. Corte de epidermis y mesocarpo de arándano al momento de cosecha en estado de desarrollo M1. Epidermis con dos capas coloreadas, células prismáticas rectangulares (26 x 10 η). Subepidermis poco coloreada (13 micrones de espesor). Células del mesocarpo redondeadas, paredes delgadas, ausencia de esclereidas.

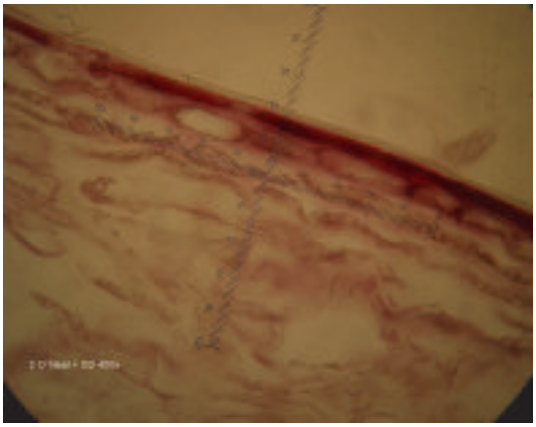


Figura 22.O'Neal. Corte de epidermis y mesocarpo de arándano cosechados en estado de desarrollo M1, seguidos de dos días a temperatura ambiente. Epidermis: primera capa: células rectangulares, coloración homogénea (34 x 13-16 η); segunda capa: células rectangulares, 47 x 18 η, de paredes delgadas, sin color (pigmento escaso con el lúmen vacío). Subepidermis, células más chicas que la capa anterior y de igual forma, incolora. Mesocarpo de células redondeadas (52 x 78 η) de paredes delgadas.

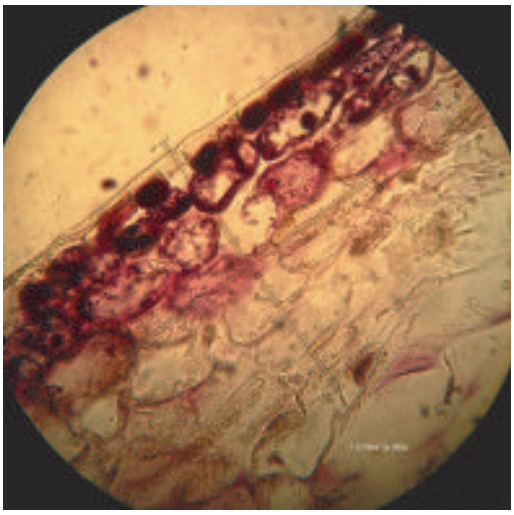


Figura 23.O'Neal. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos al momento de cosecha en estado de desarrollo M2. Epidermis con dos capas coloreadas, primera capa: células rectangulares (29- 42 x 21-29 η) con pigmento oscuro, dejando células más claras. Segunda capa: células de 78 x 26 η, pigmento en gránulos. Subepidermis: células de sección elíptica (57- 70 η) con pigmentos en gránulos. Células del mesocarpo rectangulares, de paredes delgadas, pigmentadas de oscuro, con espacios de células claras.

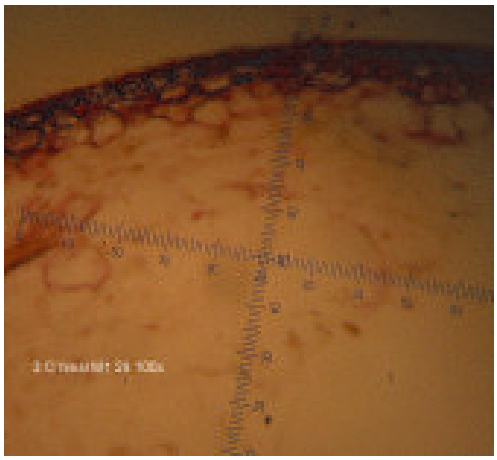


Figura 24.O'Neal. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos cosechados con madurez M1, luego de 29 días de almacenamiento refrigerado a 0 °C. Epidermis de células rectangulares coloreadas (39 x 26 η), cutícula 8 η. Capa inferior con pigmento en gránulos. Subepidermis con células elípticas, infiltradas de color en las paredes, lúmen vacío. Primera capa del mesocarpo: células poliédricas, 91 x 65 η, paredes gruesas teñidas. Capas por debajo no teñidas y de forma irregular.

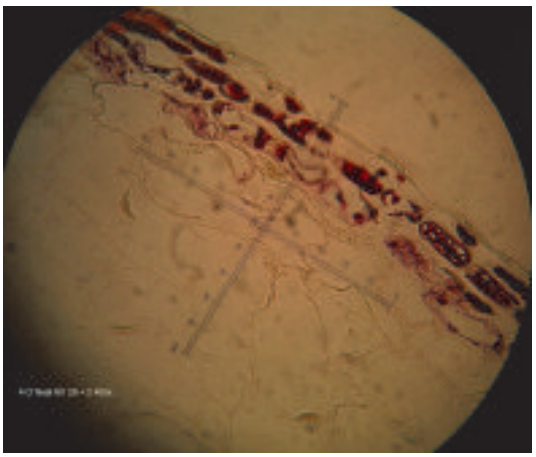


Figura 25.O'Neal. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos con madurez M1 luego de dos días a temperatura ambiente, inmediatos al almacenamiento de 29 días a 0 °C. Epidermis con pigmentos de disposición irregular, células homogéneamente pigmentadas, alternando con células sin pigmentos. Segunda capa con iguales características. Mesocarpo de células redondeadas, iguales, de paredes delgadas. Dos capas epidérmicas pigmentadas, una capa subepidérmica pigmentada en forma irregular. Mesocarpo de células grandes, paredes delgadas, redondeadas a irregulares.

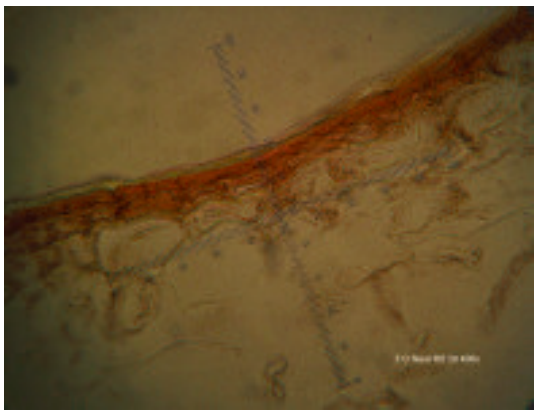


Figura 26. O'Neal. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos cosechados con madurez M2, luego de 29 días en almacenamiento refrigerado. Epidermis con dos capas de células rectangulares, 47 x 16 η, cutícula 5,2 η, pigmento marrón claro. Segunda capa de células de forma semejante, con las paredes delgadas. Subepidermis de células redondeadas, 65 x 26- 39 η, incoloras de paredes gruesas.

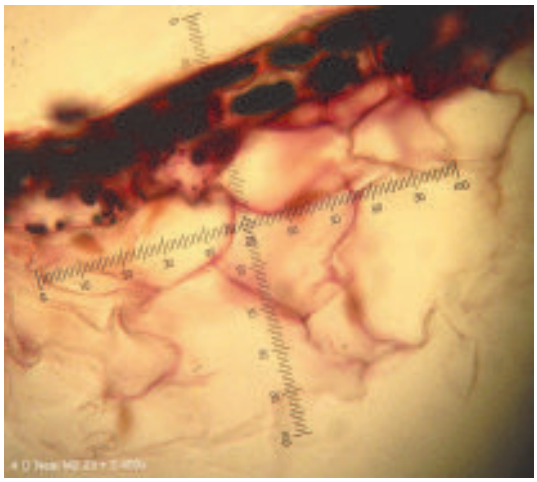


Figura 27. O'Neal. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos cosechados con madurez M2 luego de dos días a temperatura ambiente inmediatos al almacenamiento de 29 días a 0 °C. Epidermis: dos capas de células rectangulares, coloreadas de oscuro. Subepidermis: células rectangulares, gránulos violáceos en las paredes. Mesocarpo de células irregulares, paredes delgadas, coloreadas de rosado.

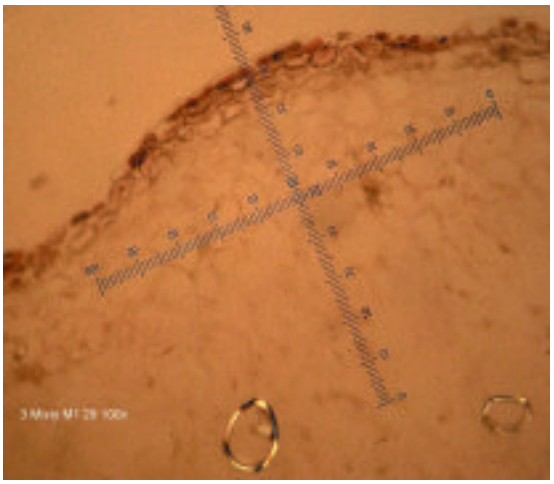


Figura 28. Misty. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos cosechados con madurez M1 luego de 29 días en almacenamiento refrigerado. Epidermis. Una capa de células rectangulares, coloración homogénea. Segunda capa de células rectangulares, con gránulos pigmentarios. Subepidermis de células rectangulares y gránulos de pigmentos. Mesocarpo de paredes delgadas, la primera capa escasamente pigmentada. Presencia de esclereidas.

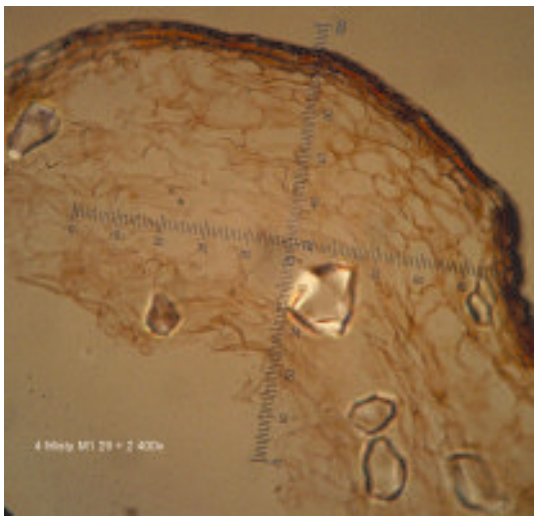


Figura 29. Misty. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos cosechados con madurez M1 luego de dos días a temperatura ambiente, inmediatos al almacenamiento de 29 días a 0 °C. Epidermis y subepidermis: una capa pigmento de disposición irregular, marrón. Segunda capa homogénea, marrón. Mesocarpo de paredes delgadas y teñidas de marrón.

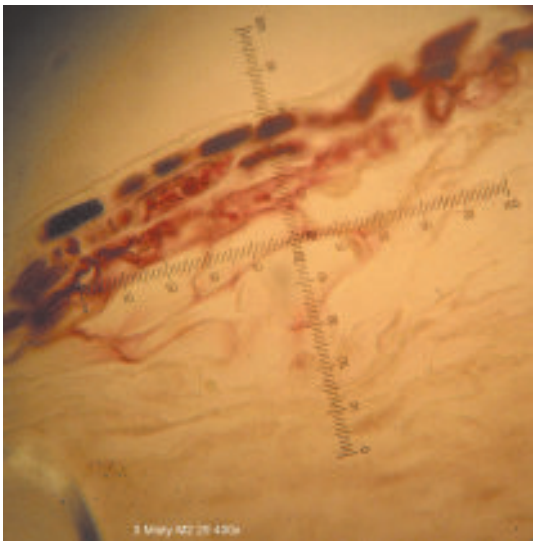


Figura 30. Misty. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos cosechados con madurez M2, luego de 29 días en almacenamiento refrigerado. Epidermis: una capa de pigmento de disposición irregular, violácea, intensa. Primera capa células violáceo homogéneo, alternando con gránulos. Segunda violáceo en gránulos. Esclereidas por debajo. Mesocarpo con gran cantidad de esclereidas. Paredes no infiltradas de pigmento.

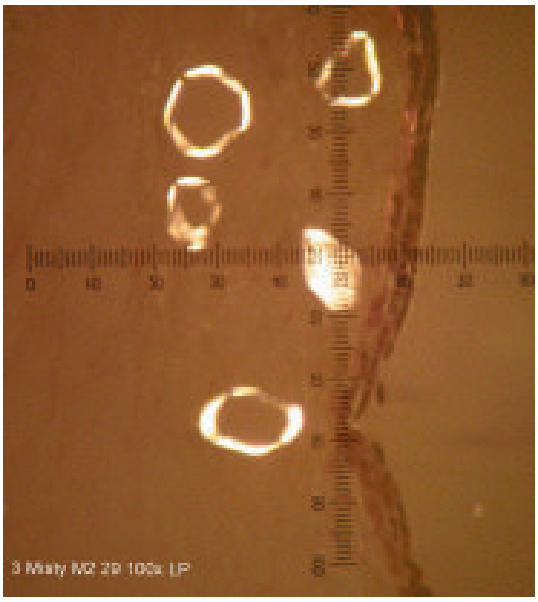


Figura 31. Misty. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos cosechados con madurez M2, luego de 29 días en almacenamiento a 0 °C. Aspecto de la disposición y número de esclereidas en el mesocarpo.

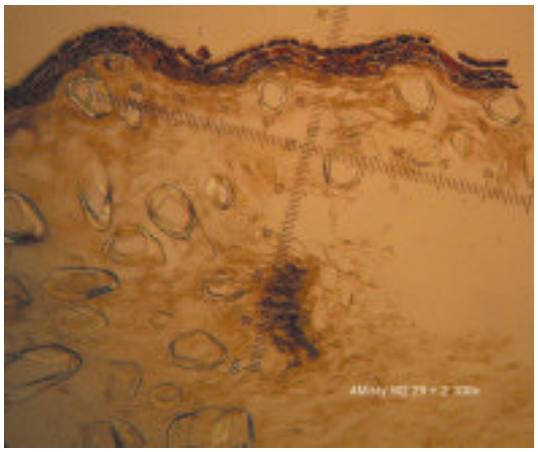


Figura 32. Misty. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos cosechados con madurez M2 luego de dos días a temperatura ambiente, inmediatos al almacenamiento de 29 días a 0 °C. Epidermis: una capa pigmento de disposición irregular, violácea, intensa. Primera capa células violáceo homogéneo, alternando con gránulos. Segunda capa violácea, en gránulos. Esclereidas por debajo. Mesocarpo con gran cantidad de esclereidas. Paredes no infiltradas de pigmento.

es programado, de acuerdo al parámetro que se necesita registrar, a través de la utilización de un software específico. Por ello, registra diferencias no detectadas en algunos casos, incluso por el consumidor. En este sentido, a partir de trabajos sensoriales realizados con panelistas, se demostró que los mismos no hallaron disimilitudes de resistencia de la piel al morder la fruta, entre variedades con valores de 0,78, 0,81 y 1,71 N de fuerza máxima de punción (Silva, J.L. *et al.,* 2005).

3.2.5 Evolución de textura en relación a color de piel

Como anexo a la información obtenida, se realizaron muestreos directamente del cultivo y simultáneamente, de fruta con diferentes niveles de color de piel. Los arándanos fueron sometidos inmediatamente a mediciones de textura. Los datos obtenidos indicaron que a medida que evolucionó la pigmentación, los valores de fuerza máxima de punción y compresión fueron decreciendo. Lo más destacable fue la drástica disminución de los valores de fuerza, al momento que comienza a evidenciarse la pigmentación (Cuadro 7).

3.2.6 Incidencia de las condiciones ambientales de cosecha sobre la textura

Otro anexo a la información obtenida, fue el muestreo de los estados de desarrollo M1 y M2 en diferentes horas del día y con distintas temperaturas ambiente. Se observó que los valores de firmeza, expresados en fuerza de punción y compresión, no fueron aparentemente afectados por el aumento de la temperatura y las condiciones de alta humedad, ocasionada por la lluvia. Por ejemplo, no se encontró correlación entre aumento de temperatura y ablandamiento de la fruta, a nivel de campo. Las diferencias encontradas se debieron a los estados de madurez, donde la fruta con M2 presentó valores menores que la fruta de M1 (Cuadro 8).

Cuadro 7. Variación de la fuerza de punción y compresión en muestras de campo diferenciadas por color de piel

Variedad	Color de piel del fruto	Punción (Newton)	Compresión (Newton)
O'Neal	Totalmente verde	7,949	35,399
	Mitad verde, mitad envero	3,217	7,397
	Ápice verde, resto bordo azul	2,670	5,535
	Ápice rojo bordo, resto azul (M1)	2,608	4,603
	Totalmente azul (M2)	1,814	4,065
Misty	Totalmente verde	7,208	26,04
	Mitad verde, mitad envero	3,140	7,147
	Ápice verde, resto bordo azul	2,543	4,028
	Ápice rojo bordo, resto azul (M1)	2,343	4,094
	Totalmente azul (M2)	1,859	3,357

Cuadro 8. Incidencia de la temperatura ambiente de cosecha sobre los valores de punción y compresión de la fruta

Variedad	Madurez	Hora del muestreo	Temperatura ambiente (°C)	Punción (Newton)	Compresión (Newton)
			Día 1		
O'Neal	M1	9:30	27	1,633	3,568
	M1	13:30	33	1,700	3,805
	M2	9:30	27	1,449	3,283
	M2	13:30	33	1,343	3,664
			Día 1		
	M1	8:30	22	1,619	3,849
	M1	11:00	26,5	1,757	s/d
	M1	14:00	28	1,613	3,750
	M2	8:30	22	1,442	3,278
	M2	11:00	26,5	1,530	s/d
	M2	14:00	28	1,398	3,297
			Día 1		
Misty	M1	9:30	27	1,999	4,833
	M1	12:00	28	2,248	4,568
	M1	13:30	33	2,076	4,677
	M2	9:30	27	1,744	4,221
	M2	12:00	28	1,888	4,457
	M2	13:30	33	1,649	4,150
			Día 2		
	M1	8:30	22	2,013	5,279
	M1	11:00	26,5	2,255	4,481
	M1	14:00	28	2,083	5,067
	M2	8:30	22	1,828	4,501
	M2	11:00	26,5	1,847	4,278
	M2	14:00	28	1,842	4,090
			Día 3		
	Lluvia durante la noche anterior y durante la mañana				
O'Neal	M1	11:00	21	1,814	3,793
	M1	14:00	23	1,784	3,666
	M2	11:00	21	1,582	3,609
	M2	14:00	23	1,640	3,481
Misty	M2	11:00	21	1,898	4,929
	M2	14:00	23	1,732	4,592

3.3 Variedades Emerald y Jewel

3.3.1 Sólidos Solubles (SS)

En ambas variedades y en los dos ciclos productivos, el factor madurez incidió en la concentración total promedio de sólidos solubles, donde la fruta cosechada con estado de madurez M1 presentó valores estadísticamente inferiores que la fruta con madurez M2 (Figuras 33 y 34).

En la variedad Emerald, en el ciclo productivo 2010/2011, el tratamiento de bromurado y no bromurado con destino a USA y la UE respectivamente, solamente afectó estadísticamente a la fruta, en ambos estados de desarrollo, a temperatura ambiente, luego de 28 días de almacenamiento a 0 °C. De acuerdo a lo expuesto anteriormente, probablemente no incida en la percepción de dulzor por parte del consumidor. Las frutas de M1 y M2, para ambos destinos, no experimentaron variaciones importantes en los valores de sólidos solubles durante el almacenamiento (Cuadro 9).

En el ciclo productivo 2011/2012, el tratamiento de bromurado de la fruta con destino a USA no afectó el contenido de sólidos solubles. Solamente la interacción de los factores madurez y almacenamiento incidieron en sus niveles. La fruta con M1 prácticamente no experimentó variación desde la cosecha al final del almacenamiento. En tanto la de M2 aumentó significativamente los valores de sólidos solubles durante el mismo. Si bien al momento de cosecha, ambos estados de desarrollo presentaron niveles similares de sólidos solubles, el hecho de que la fruta con M2 haya aumentado luego, hizo que el factor madurez incidiera en las diferencias totales, lográndose al final del período que los arándanos cosechados con M2 presentaran valores superiores (Cuadro 10).

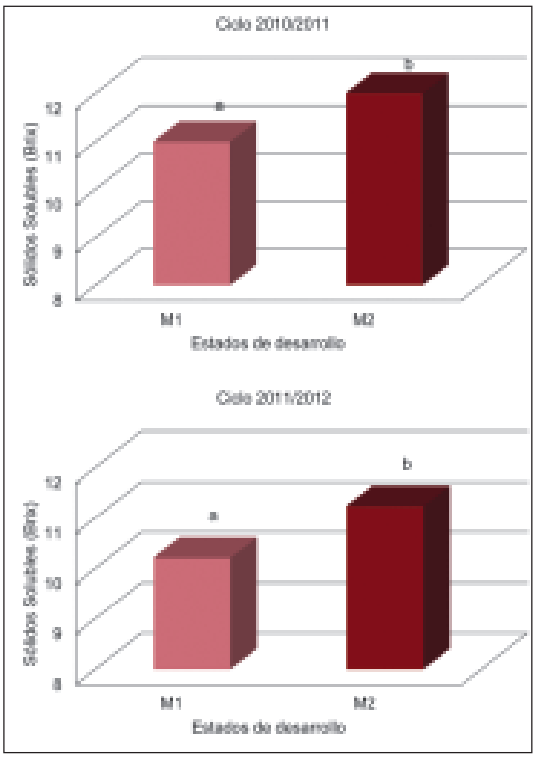


Figura 33. Emerald. Efecto del factor estado de madurez sobre el contenido de sólidos solubles.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

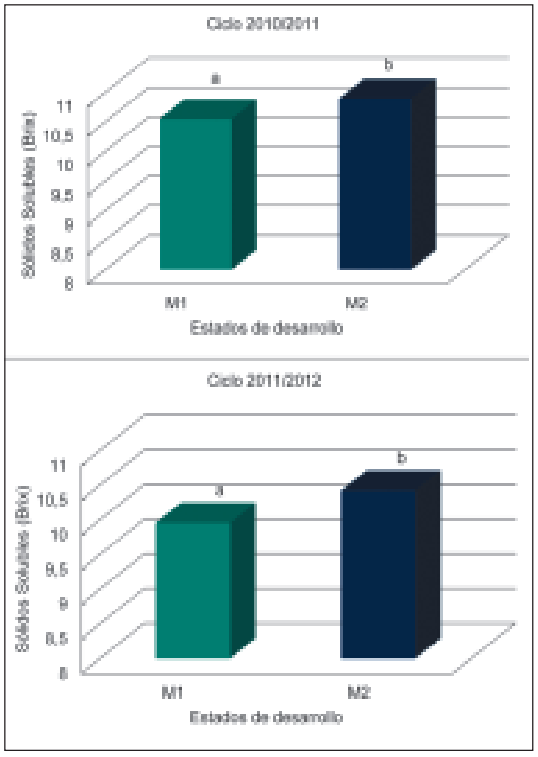


Figura 34. Jewel. Efecto del factor estado de madurez sobre el contenido de sólidos solubles.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

Cuadro 9. Emerald (2010/2011).Incidencia del estado de desarrollo, destino de exportación y almacenamiento sobre los valores medios de sólidos solubles y acidez total titulable a la cosecha, 7, 14, 21 y 28 días de almacenamiento a 0 °C y el último período seguido de dos días a temperatura ambiente

Madurez	Destino	Cosecha	7 días	14 días	21 días	28 días	28 días + temperatura ambiente
			Sólidos Solubles (ºBrix)				
M1	Europa	10,27a A	10,95 aAB	11,40 aB	11,05 aB	11,03 aB	11,38 bB
M1	USA	10,27 aA	11,18 aBC	11,35a BC	11,03 aB	11,50 aC	10,80 aAB
M2	Europa	1,25 bA	11,98 bB	11,85 bB	12,13 bB	12,20 bB	11,55 bAB
M2	USA	11,25bA	11,83 bB	12,00 bB	11,83 bB	11,80 bB	12,13 cB
		Coeficiente de variación = 3,26 % Lsd = 0,53					
		Acidez Total Titulable (% ácido cítrico)					
M1	Europa	1,117 bA	1,357 cB	1,112 cA	1,013 bA	1,057 bA	1,093 cA
M1	USA	1,117 bB	1,184 bB	1,111 cB	1,120 bB	1,146 bB	0,981 bA
M2	Europa	0,764 aB	0,610 aA	0,804 bB	0,635 aA	0,609 aA	0,616 aA
M2	USA	0,764 aB	0,693 aAB	0,659aAB	0,668aAB	0,599 aA	0,587 aA

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

Cuadro 10. Emerald (2011/2012). Incidencia del estado de desarrollo y almacenamiento sobre los valores medios de sólidos solubles y acidez total titulable a la cosecha, 18, 25 y 32 días de almacenamiento a 0 ºC, seguidos de dos días a temperatura ambiente

Tratamientos	Sólidos Solubles Totales (ºBrix)		Acidez Total Titulable (% de ácido cítrico)	
	M1	M2	M1	M2
Cosecha	10,0a A	10,3a A	1,676a CD	1,265b C
Cosecha + 2 días a temperatura ambiente	10,1a A	11,3b BC	1,390a BC	0,587b A
18 días a 0 ºC	10,5a B	11,8b D	1,845a D	1,108b BC
18 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	10,3a AB	11,5b CD	1,425a BC	0,828b AB
25 días a 0 ºC	11,0a C	12,2b E	1,514a BC	0,998b BC
25 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	10,0a A	11,0b B	1,363a AB	0,929b B
32 días a 0 ºC	10,0a A	11,1b B	1,401a BC	0,92b B
32 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	10,0a A	11,0b B	1,174a A	0,813b AB
	C.V = 2,45 % Lsd = 0,301		C.V = 6,08 % Lsd = 0,316	

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

En la variedad Jewel, en el ciclo productivo 2010/2011, a partir de la cosecha y durante cada período de almacenamiento, los niveles de sólidos solubles fueron superiores estadísticamente en la fruta con estado de desarrollo M2, excepto a los 14 días. Por otra parte, cada estado de madurez no experimentó variaciones importantes durante el período poscosecha, en relación a éste parámetro (Cuadro 11).

En el ciclo productivo 2011/2012, los frutos de la variedad Jewel cosechados con M1 y M2, disminuyen los valores de sólidos solubles a partir de la cosecha con valores inferiores a 10 °Brix luego de 32 días de conservación a 0 °C. Hasta los 25 días los frutos presentaron valores acordes con la calidad mínima de dulzor, establecida para arándanos, sin variaciones importantes (Cuadro 12).

Cuadro 11. Jewel (2010/2011). Incidencia del estado de desarrollo y almacenamiento sobre los valores medios de sólidos solubles y acidez total titulable a la cosecha, 7, 14, 21 y 28 días de almacenamiento a 0 °C y el último período seguido de dos días a temperatura ambiente

Madurez	Cosecha	7 días	14 días	21 días	28 días	28 días + temperatura ambiente
		Sólidos Solubles (ºBrix)				
M1	10,6a A	10,8a AB	10,9a B	10,3a A	10,5a A	10,4a A
M2	11,2b B	11,2b B	10,6b A	10,9b AB	10,9b AB	11,0b B
		Coeficiente de variación = 3,4 % Lsd = 0,36				
		Acidez Total Titulable (% ácido cítrico)				
M1	1,10a C	1,05a C	1,02a BC	0,98a AB	0,89a A	0,85a A
M2	0,87b C	0,70b B	0,70b B	0,64b A	0,70b B	0,60b A
		Coeficiente de variación = 7,6 % Lsd = 0,063				

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

Cuadro 12. Jewel (2011/2012). Incidencia de la interacción del estado de desarrollo y almacenamiento sobre los valores medios de sólidos solubles y acidez total titulable a la cosecha, 18, 25 y 32 días de almacenamiento a 0 ºC, seguidos de dos días a temperatura ambiente

Tratamientos	Sólidos Solubles Totales (ºBrix)		Acidez Total Titulable (% de ácido cítrico)	
	M1	M2	M1	M2
Cosecha	10,3a C	11,8b E	1,688a D	1,044b B
Cosecha + 2 días a temperatura ambiente	10,0a B	10,3b C	1,394a A	0,791b A
18 días a 0 ºC	10,4a C	10,6a D	1,822a E	1,322b D
18 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	10,2a BC	10,5b	1,444a AB	1,041b B
25 días a 0 ºC	10,3a C	10,8b D	1,546a C	1,141b C
25 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	10,3a C	10,0b B	1,495a BC	1,077b BC
32 días a 0 ºC	9,0a A	9,7b A	1,501a BC	1,013b B
32 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	9,3a A	9,7b A	1,430a A	0,995b AB
	C.V = 2,35 % Lsd = 0,277		C.V = 5,19 Lsd = 0,082	

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

3.3.2 Acidez Total Titulable

En ambas variedades y en los dos ciclos productivos, el factor madurez incidió en la concentración total promedio de acidez total titulable (ATT), donde la fruta cosechada con estado de madurez M1 presentó valores estadísticamente superiores que la fruta con madurez M2 (Figuras 35 y 36).

En la variedad Emerald, en el ciclo 2010/2011, la fruta de M1 con destino a Europa y USA mantuvo durante el almacenamiento a 0 °C valores similares de acidez, a partir de los 14 días. Lo más destacado fue que los arándanos cosechados con M1 y bromurados presentaron el valor más bajo de acidez, durante los dos días a temperatura ambiente, post almacenamiento a 0 °C de 28 días. Los arándanos de M2, bromurados y no bromurados, mantuvieron su acidez sin variaciones importantes durante el almacenamiento. La fruta de ambos destinos presentó la misma acidez, excepto a los 14 días (Cuadro 9).

En el ciclo 2011/2012, tanto la fruta de M1como la de M2, disminuyeron su acidez durante el almacenamiento, registrando los menores valores en condiciones de temperatura ambiente (Cuadro 10).

En la variedad Jewel, en el ciclo 2010/2011, los arándanos cosechados en ambos estados de madurez fueron disminuyendo su acidez a medida que progresó el período de almacenamiento post cosecha. La fruta menos ácida de M1 y M2, correspondió a la que permaneció a temperatura ambiente luego de 28 días a 0 ºC. Al igual que en las variedades anteriores, las diferencias más notorias entre M1 y M2, se relacionaron con este parámetro (Cuadro 11).

Durante el ciclo 2011/2012, las diferencias entre la fruta de M1 y M2 fueron más evidentes, manteniéndose los mayores valores durante el período poscosecha de los arándanos cosechados con M1. Como consecuencia de los procesos naturales de maduración, los menores valores se registraron

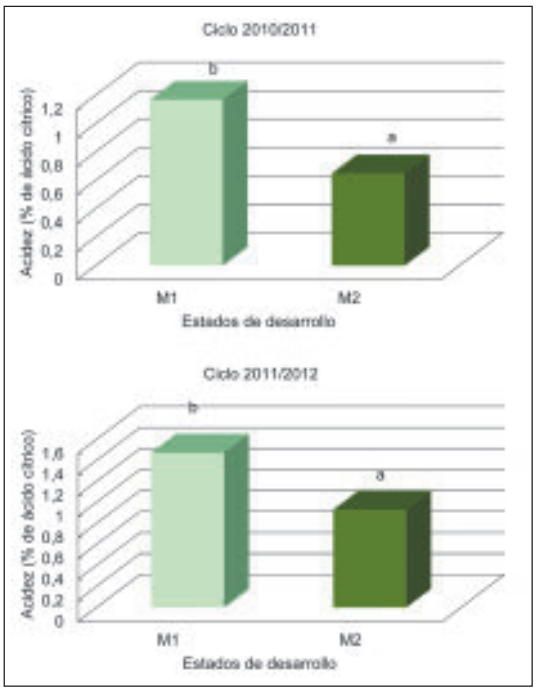


Figura 35. Emerald. Efecto del factor estado de madurez sobre la acidez total titulable.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

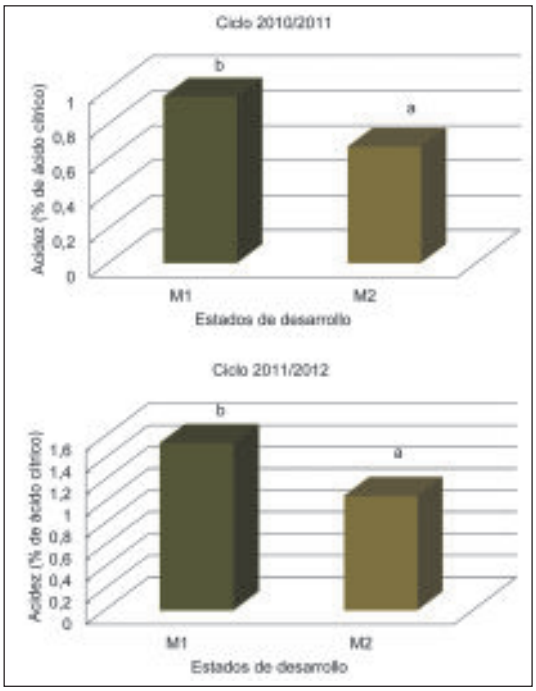


Figura 36. Jewel. Efecto del factor estado de madurez sobre la acidez total titulable.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

durante el almacenamiento a temperatura ambiente (Cuadro 12).

3.3.3 Relación Sólidos Solubles/ Acidez (SS/ATT)

En la variedad Emerald, en el ciclo 2010/ 2011, la relación entre sólidos solubles y acidez total titulable, en ambos estados de desarrollo, se mantuvo dentro del rango recomendado (10 a 33), como se señaló en párrafos anteriores. No obstante la fruta de M1 presentó un cociente inferior debido principalmente a su mayor acidez. En el ciclo 2011/2012, ambos estados de desarrollo presentaron valores inferiores de esta relación que en el ciclo anterior. Los frutos de M1 no lograron, durante todo el período, alcanzar el valor mínimo del estándar de calidad para este parámetro. Los de M2 mantuvieron su valor entre 10 y 15 durante todo el período, excepto el valor inmediato a cosecha. Esta situación se atribuyó a que en los dos años de trabajo, la diferencia del contenido de sólidos solubles dentro de cada madurez no fue trascendente, pero sí en acidez, la cual fue superior en los arándanos cosechados en el segundo año. Por otra parte, no se registraron diferencias significativas entre la fruta bromurada, comercializada en USA y la no bromurada y con destino a Europa (Figuras 37 y 38).

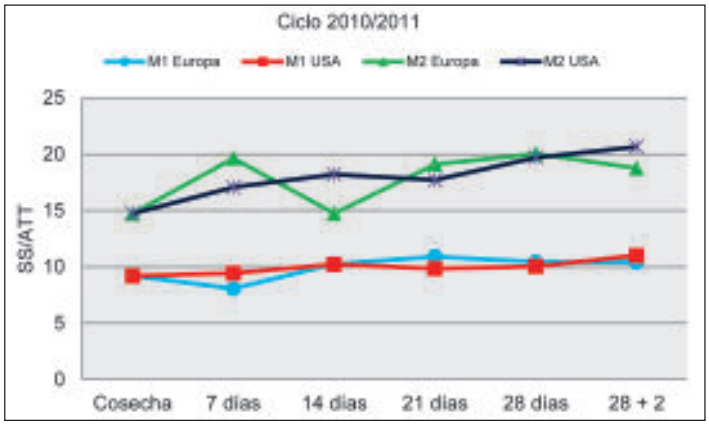


Figura 37. Emerald. Evolución de la relación entre sólidos solubles y acidez (SS/ATT) en frutos de arándanos a la cosecha, 7, 14, 21 y 28 días a 0 °C y 28 días seguidos de dos días a temperatura ambiente.

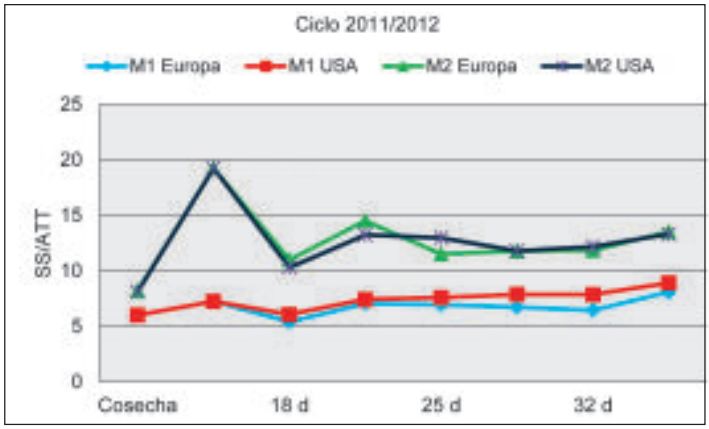


Figura 38. Emerald. Evolución de la relación entre sólidos solubles y acidez (SS/ATT) en frutos de arándanos a la cosecha, 18, 25 y 32 días a 0 °C, seguidos de dos días a temperatura ambiente.

En la variedad Jewel, en el ciclo 2010/2011, los arándanos de ambos estados de desarrollo y destino, mantuvieron los valores de la relación SS/ATT dentro de los rangos de calidad sensorial recomendados. En tanto en el ciclo posterior, en la fruta cosechada en estado de madurez M1, los valores permanecieron por debajo de 10, durante todo el almacenamiento, tanto a 0 °C como a temperatura ambiente. Los arándanos cosechados con M2 se acercaron más al rango inferior sugerido para esta relación, pero generalmente fue igual o inferior a 10, excepto inmediato a la cosecha. Estos resultados, también como en el caso de Emerald, se atribuyen al hecho de que los arándanos cosechados con los mismos porcentajes de color azul que el año anterior, en la zafra posterior fueron más ácidos. En relación al destino, fueron similares entre USA y Europa, para cada estado de desarrollo (Figura 39 y 40).

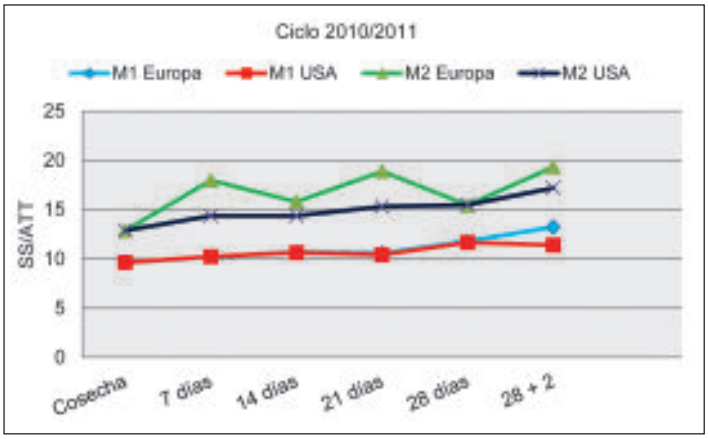


Figura 39. Jewel. Evolución de la relación entre sólidos solubles y acidez (SS/ATT) en frutos de arándanos a la cosecha, 7, 14, 21 y 28 días a 0 °C y 28 días seguidos de dos días a temperatura ambiente.

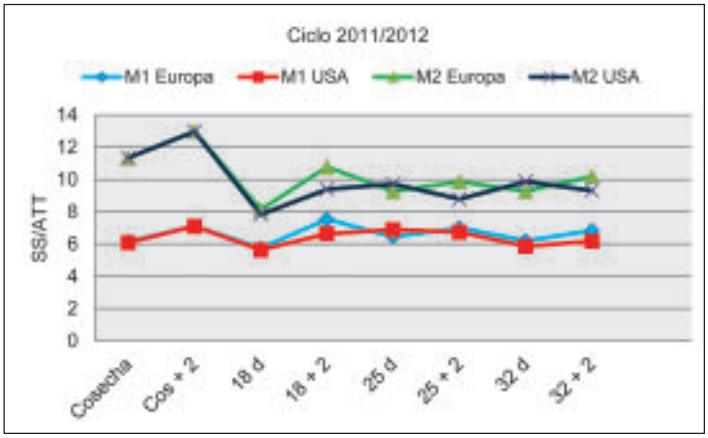


Figura 40. Jewel. Evolución de la relación entre sólidos solubles y acidez (SS/ATT) en frutos de arándanos a la cosecha, 18, 25 y 32 días a 0 °C, seguidos de dos días a temperatura ambiente.

3.3.4 Textura

Los tratamientos poscosecha a los cuales se somete la fruta ya sea para el control de patógenos, tratamientos cuarentenarios, enlentecimiento de la bioquímica de la maduración, clasificación, empaque y transporte, contribuyen en diferentes grados a la alteración de las características físico - químicas e incluso fisiológicas. Por ello, en este estudio, fue importante conocer cómo influyó la aplicación de bromuro de metilo, exigencia comercial del mercado estadounidense, sobre la firmeza de la fruta, expresada a través de la fuerza de punción y compresión.

En la variedad Emerald, los valores texturométricos de los arándanos exportados a USA presentaron una fuerza de punción y compresión menor que los destinados a Europa (Figuras 41 y 42). El otro factor importante en la textura fue la madurez, la cual incidió en que la fruta de M1 tuviera una media general de fuerza de punción y compresión superior que la fruta de M2 (Figuras 43 y 44).

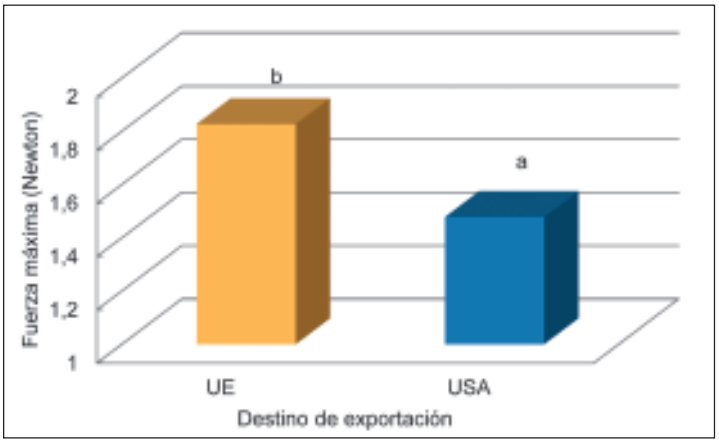


Figura 41. Emerald. Fuerza de punción. Efecto del factor destino de exportación sobre el promedio general de fuerza de punción.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

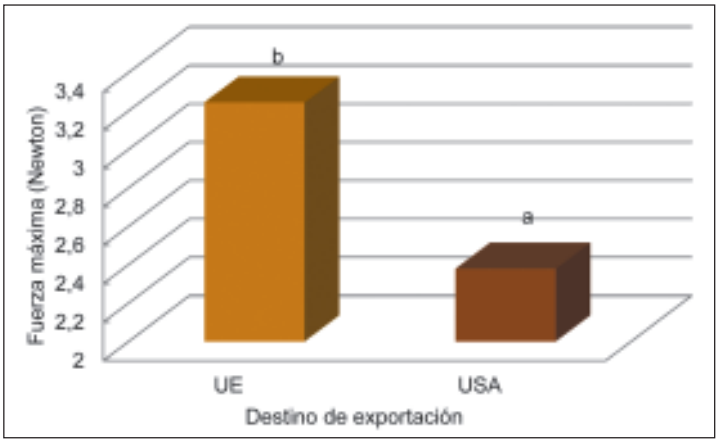


Figura 42. Emerald. Fuerza de compresión. Efecto del factor destino de exportación sobre el promedio general de fuerza de compresión.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

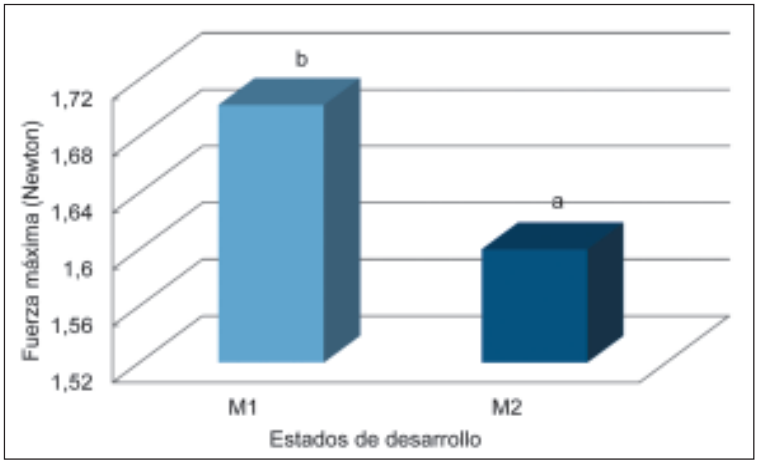


Figura 43. Emerald. Fuerza de punción. Efecto del factor estado de madurez sobre el promedio general de fuerza de punción.
Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

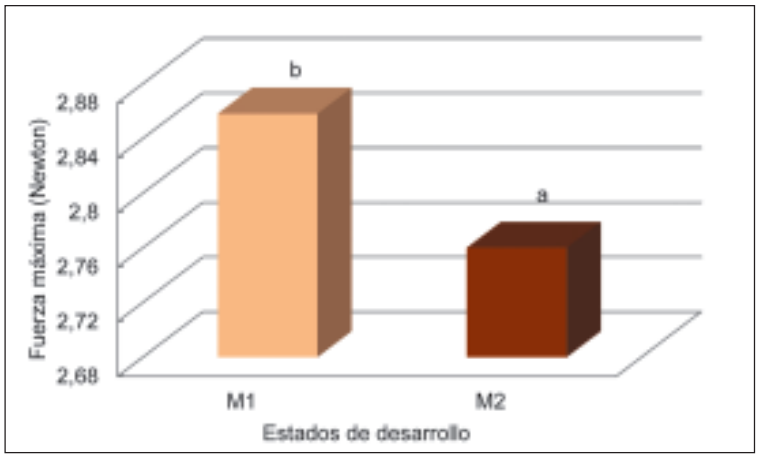


Figura 44. Emerald. Fuerza de compresión. Efecto del factor estado de madurez sobre el promedio general de fuerza de compresión.
Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

La interacción del destino de exportación y el almacenamiento poscosecha mostró que la fruta bromurada inmediato a la cosecha (USA), presentó valores inferiores de textura expresados por la fuerza de punción y compresión durante todo el período de almacenamiento. En tanto los arándanos comercializados en Europa, no bromurados, aumentaron la fuerza máxima de punción luego de la cosecha, pero la misma no varió durante los sucesivos almacenamientos, logrando al final y a temperatura ambiente valores similares a los de cosecha. La fuerza de compresión disminuyó, obteniéndose los menores valores a temperatura ambiente, inmediato a cada período de conservación a 0 °C (Cuadro 13).

En la variedad Jewel la firmeza de los frutos expresada por las fuerzas de punción y compresión, fue afectada por el estado de madurez y el destino de exportación. De este modo la fruta con estado de desarrollo o madurez M1 presentó valores de textura significativamente superiores a la de M2 (Figuras 45 y 46). Por otra parte, el bromurado de la fruta aplicado a la destinada al mercado de Estados Unidos, incidió en que la misma presentara valores inferiores de textura que aquella no bromurada y que se comercializa en la Unión Europea (Figuras 47 y 48).

Cuadro 13. Emerald (2011/2012). Incidencia del destino de exportación y almacenamiento sobre los valores medios de fuerza de punción y compresión a la cosecha, 18, 25 y 32 días de almacenamiento a 0 ºC seguidos de dos días a temperatura ambiente

Tratamientos	Punción (Newton)		Compresión (Newton)	
	UE	USA	UE	USA
Cosecha	1,674a A	1,674a E	3,801a E	3,801a F
Cosecha + 2 días a temperatura ambiente	1,708a A	1,708a E	3,479a D	3,479a E
18 días a 0 ºC	1,880a B	1,439b BC	3,800a E	2,480b D
18 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	1,879a B	1,571b D	3,253a C	2,349a D
25 días a 0 ºC	1,957a B	1,380b B	2,980a B	1,699b AB
25 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	1,883a B	1,511b CD	2,787a AB	2,004b C
32 días a 0 ºC	1,956a B	1,283b A	3,211a C	1,488b A
32 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	1,669a A	1,246b A	2,625a A	1,714bB
	C.V =4,60 % Lsd = 0,089		C.V = 6,98 % Lsd = 0,224	

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

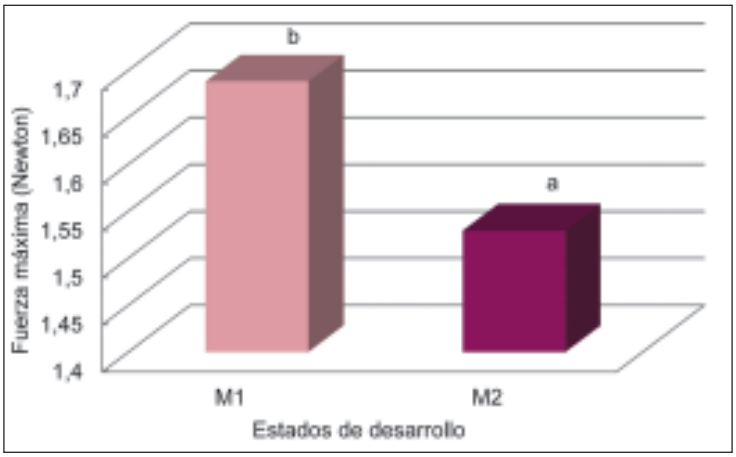


Figura 45. Jewel. Fuerza de punción. Efecto del factor estado de madurez sobre el promedio general de fuerza de punción.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel $p \leq 0,05$, Lsd.

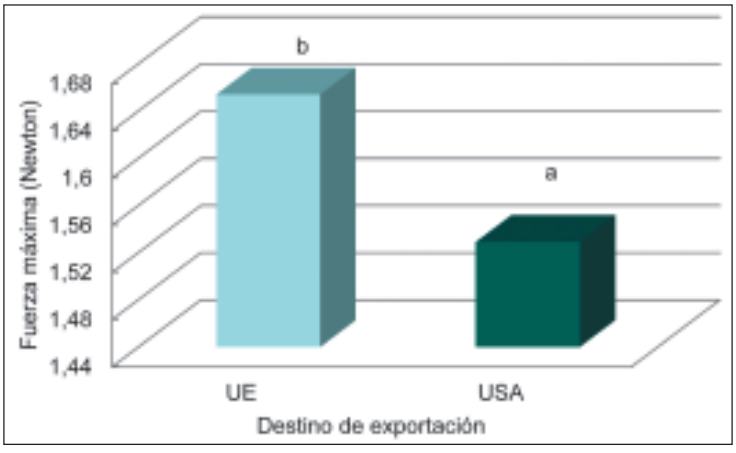


Figura 46. Jewel. Fuerza de punción. Efecto del factor destino de exportación sobre el promedio general de fuerza de punción.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel $p \leq 0,05$, Lsd.

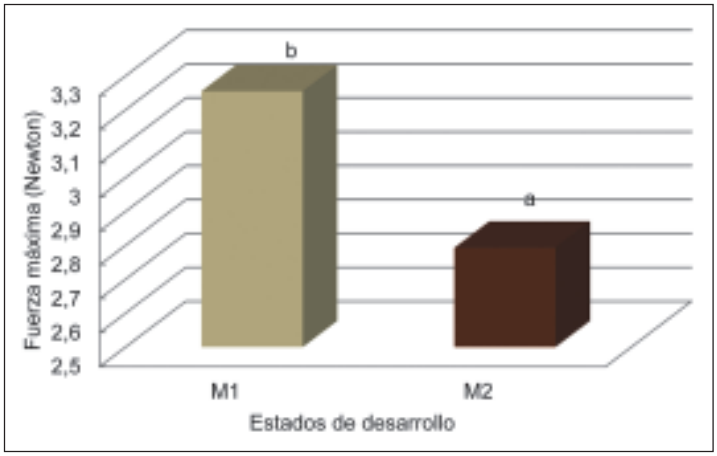


Figura 47. Jewel. Fuerza de compresión. Efecto del factor estado de madurez sobre el promedio general de fuerza de compresión.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

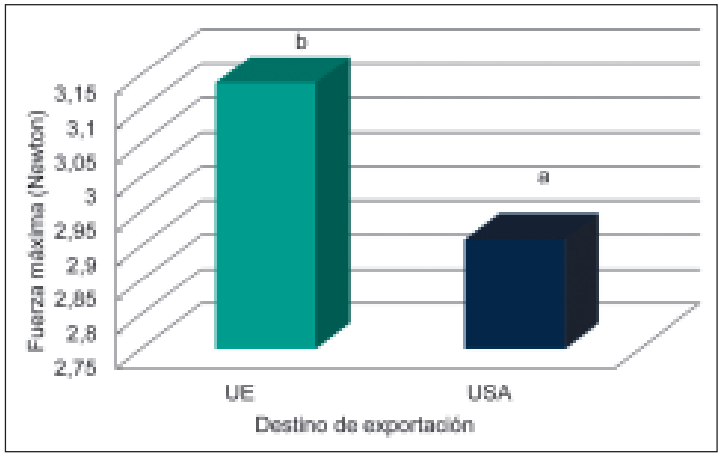


Figura 48. Jewel. Fuerza de compresión. Efecto del factor destino de exportación de madurez sobre el promedio general de fuerza de compresión.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

Cuadro 14. Jewel (2011/2012). Incidencia del destino de exportación y almacenamiento sobre los valores medios de fuerza de punción y compresión a la cosecha, 18, 25 y 32 días de almacenamiento a 0 ºC seguidos de dos días a temperatura ambiente

Tratamientos	Punción (Newton)		Compresión (Newton)	
	UE	USA	UE	USA
Cosecha	1,465a A	1,465a A	3,254a BC	3,254a C
Cosecha + 2 días a temperatura ambiente	1,483a A	1,483a AB	2,802a A	2,802a B
18 días a 0 ºC	1,560a A	1,534a B	3,800a D	3,127b C
18 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	1,687a B	1,650a C	3,382a C	3,294a C
25 días a 0 ºC	1,743a B	1,390b A	3,073a AB	2,456b A
25 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	1,809a B	1,771a D	2,839a A	2,721a AB
32 días a 0 ºC	1,729a B	1,493b AB	3,100a BC	2,430b A
32 días (0 ºC) + 2 días a temperatura ambiente	1,752a B	1,718a CD	2,856a AB	3,194b C
	C.V = 5,65 % Lsd = 0,103		C.V = 8,42 % Lsd = 0,294	

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a p≤0,05.

La incidencia del destino de venta y almacenamiento mostró que la fruta no bromurada aumentó la fuerza máxima de punción a partir de los 25 días a 0 °C, en tanto la compresión disminuyó. En la fruta con destino a USA, ambos parámetros de textura, durante el almacenamiento a 0 °C fueron generalmente similares a los de cosecha. Los mayores valores de punción en condiciones de temperatura ambiente o vida de estante se explican por una mayor pérdida de agua, ya que las mismas no fueron controladas (Cuadro 14).

El aspecto externo durante el almacenamiento, evidenció que las frutas cosechadas con estados de madurez M1 y M2 conservaron sus diferencias de color de piel a temperaturas de 0 °C. Al momento de ser expuestas a temperatura ambiente o vida de estante, las frutas de M1 adquirieron, visualmente, el mismo aspecto que las de M2 (Figuras 49 a 59).

Figura 49. Emerald. Apariencia externa de arándanos cosechados en estado de desarrollo M1 (color morado alrededor del pedúnculo).

Figura 50. Emerald. Apariencia externa de arándanos cosechados en estado de desarrollo M1, durante el almacenamiento a 0 °C.

Figura 51. Emerald. Apariencia externa de arándanos cosechados en estado de desarrollo M2 (color azul en la totalidad del fruto).

Figura 52. Emerald. Apariencia externa de arándanos cosechados en estado de desarrollo M2, durante el almacenamiento a 0 °C.

Figura 53. Emerald. Apariencia externa de arándanos cosechados en estado de desarrollo M1 y M2 luego de dos días a temperatura ambiente post almacenamiento a 0 °C.

Figura 54. Jewel. Apariencia externa de arándanos cosechados en estado de desarrollo M1 (color morado alrededor del pedúnculo).

Figura 55. Jewel. Apariencia externa de arándanos cosechados en estado de desarrollo M2 (color azul en la totalidad del fruto).

Figura 56. Jewel. Apariencia externa de arándanos cosechados en estado de desarrollo M1, durante el almacenamiento a 0 °C.

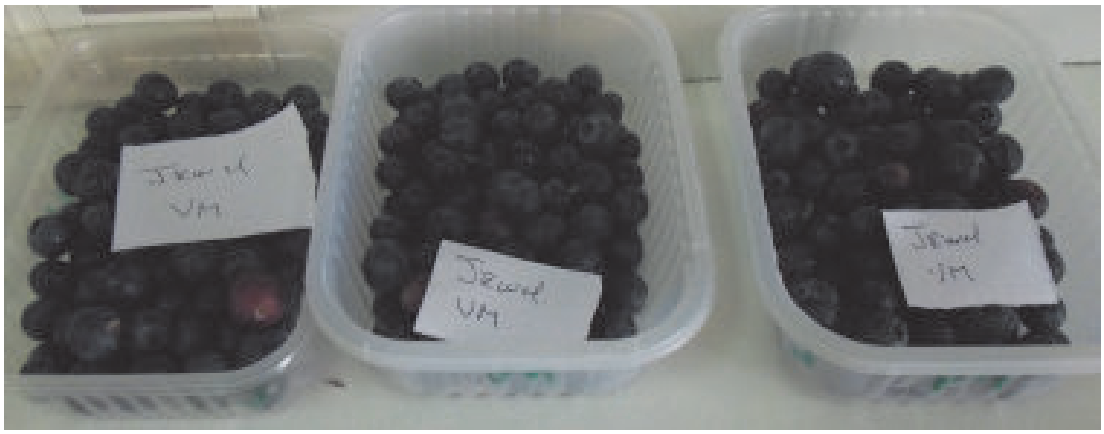


Figura 57. Jewel. Apariencia externa de arándanos cosechados en estado de desarrollo M1 luego de dos días a temperatura ambiente post almacenamiento a 0 °C.

Figura 58. Jewel. Apariencia externa de arándanos cosechados en estado de desarrollo M2, durante el almacenamiento a 0 °C.

Figura 59. Jewel.Apariencia externa de arándanos cosechados en estado de desarrollo M2 luego de dos días a temperatura ambiente post almacenamiento a 0 °C.

3.3.5 Cortes de epidermis y mesocarpo

Los estudios histológicos, realizados a través de cortes de epidermis y mesocarpo, mostraron los aspectos internos de la fruta en relación a estados de madurez y almacenamiento, ampliando la información obtenida a través de las observaciones tanto visuales como instrumentales.

Los caracteres considerados en las variedades estudiadas fueron: grosor de la cutícula, grosor de las paredes de la epidermis, subepidermis y mesocarpo y presencia de esclereidas y drusas.

La disposición y forma de las células de la epidermis, conjuntamente con el número de capas, son importantes elementos que además de estar determinados genéticamente y cambiar de un cultivar a otro, pueden variar según las condiciones de almacenamiento o acondicionamiento.

Las cutículas de la epidermis presentaron un espesor similar en las variedades Jewel y Emerald. Su grosor varió entre 5,2 - 6 η. No sucedió lo mismo con el espesor de las paredes celulares de la epidermis y subepidermis, estas fueron más gruesas en la variedad Jewel (6,5 η) que en la variedad Emerald (4 η).

El período de almacenamiento incidió en el espesor de la cutícula, el cual disminuyó con el tiempo y las condiciones de almacenamiento. A temperatura ambiente la reducción del grosor de la cutícula fue más marcado en la variedad Jewel que en la Emerald.

La coloración no se modificó significativamente con el período de almacenamiento, expresada por la penetración del pigmento en el mesocarpo. No obstante, la fruta cosechada con M2 y conservada en condiciones de temperatura ambiente durante dos días, evidenció infiltración de antocianinas en el mesocarpo. También se observó que en la fruta bromurada, con destino a USA, esa infiltración fue superior al de la fruta no bromurada y con destino a Europa.

Los espacios intercelulares son una expresión del arreglo celular, los cuales aumentan con la senescencia de la fruta ocasionada ya sea por sobre madurez, períodos prolongados de almacenamiento poscosecha o condiciones adversas, como por ejemplo temperatura. En las variedades Emerald y Jewel los espacios intercelulares no experimentaron modificaciones importantes, ya que los mismos fueron escasos. No se constató diferencia histológica entre las frutas almacenadas a 0 °C y aquellas conservadas en condiciones de temperatura ambiente. De acuerdo a lo expuesto, se han seleccionado los cortes más representativos que expresan los resultados obtenidos (Figuras 60 a 74).

Los estudios realizados marcan una importante diferencia varietal entre las variedades Emerald y Jewel, comparadas con O´Neal y Misty. Las características histológicas sugieren que las primeras pueden ser más resistentes genéticamente a la manipulación cosecha - poscosecha.

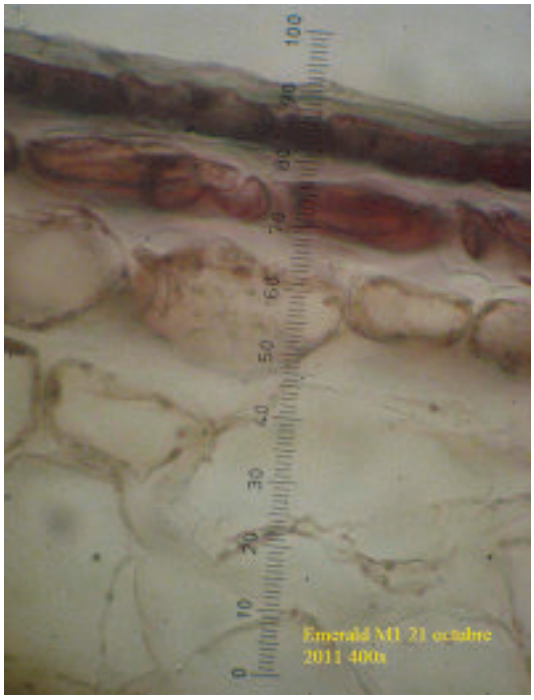


Figura 60. Emerald.Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos con madurez M1 al momento de cosecha. Cutícula gruesa 5,2 η de espesor. Epidermis: dos capas coloreadas, células prismáticas rectangulares (60 x 21 η). Subepidermis poco coloreada. Paredes celulares de 4 η de espesor. Células del mesocarpo redondeadas, paredes delgadas, presencia de esclereidas. 50 x 100-150 η.

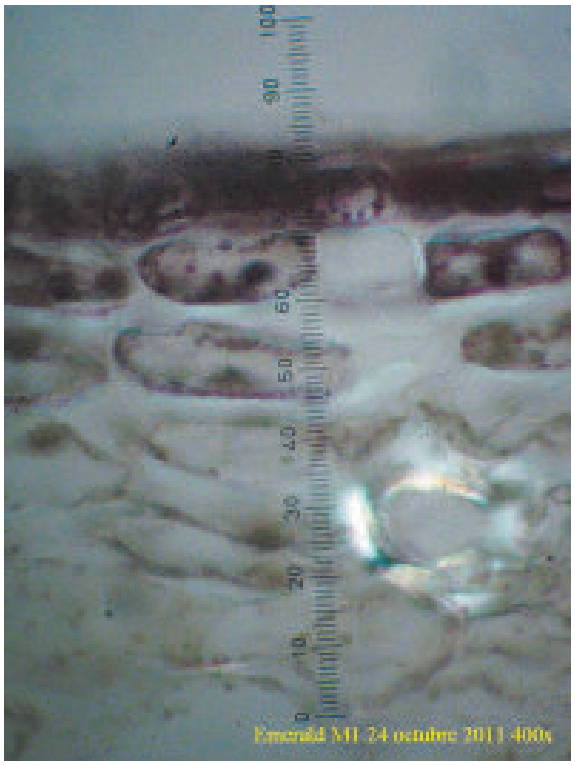


Figura 61. Emerald. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos con madurez M1 luego de dos días a temperatura ambiente inmediatos a la cosecha. Cutícula fina 3 η de espesor. Epidermis: dos capas coloreadas, la capa superior homogénea, la inferior granulada. Una capa subepidémica granulada. Células prismáticas rectangulares (40-48 x 21-26 η) Esclereidas en el mesocarpo por debajo de la capa epidérmica,100-120 η.

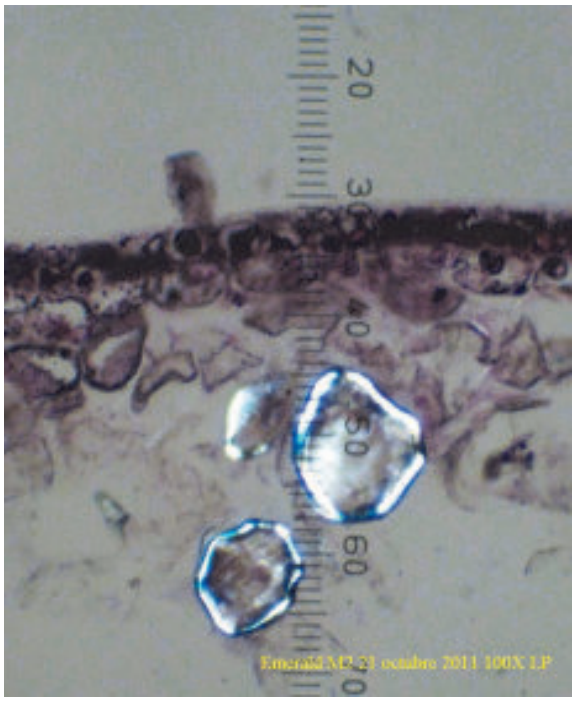


Figura 62. Emerald. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos con madurez M2 al momento de cosecha. Cutícula gruesa 5,2 η de espesor. Epidermis: dos capas coloreadas, la capa superior homogénea, la inferior granulada. Una capa subepidérmica granulada. Células prismáticas rectangulares (48 x 21 η) Esclereidas en el mesocarpo, por debajo de la capa epidérmica,100-120 η, parecen más abundante que en M1.

Figura 63. Emerald. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos con madurez M2 luego de dos días a temperatura ambiente, inmediatos a la cosecha. Las tres primeras capas del mesocarpo están infiltradas de gránulos de pigmento. Epidermis con dos capas coloreadas, la capa superior homogénea, la inferior granulada. Una capa subepidérmica granulada. Células prismáticas rectangulares (52- 60 x 21 η). Cutícula 5,2 η. Subepidermis poco coloreada (13 η de espesor). Células del mesocarpo redondeadas, paredes delgadas, presencia de escasas esclereidas.70 x 110-190 η.

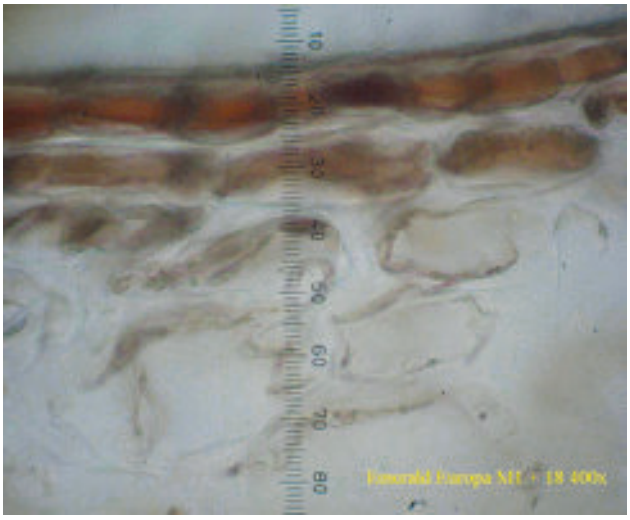


Figura 64. Emerald. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos cosechados con madurez M1 y con destino a Europa (fruta no bromurada) luego de 18 días a 0 °C. Cutícula 4 η de espesor. Epidermis con dos capas coloreadas, homogéneas, la capa subepidérmica homogénea a granulada. Mayor densidad de esclereidas. Células del mesocarpo de paredes gruesas.de formas generalmente isodiamétricas, 100-200 η, con espacios intercelulares.

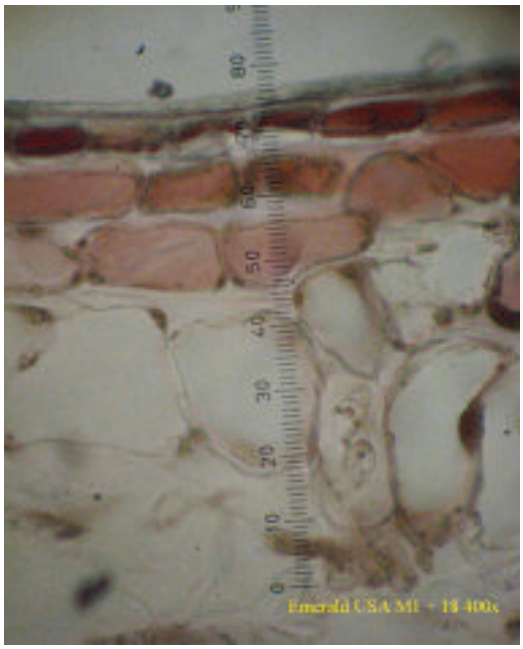
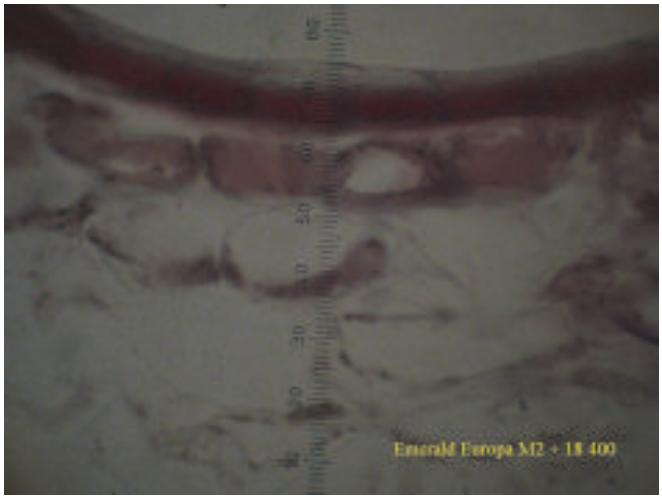


Figura 65. Emerald. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos cosechados con madurez M1 y con destino a USA (fruta bromurada), luego de 18 días a 0 °C. Cutícula 2-3 η. Dos capas de la epidermis más la subepidermis, coloreadas en forma homogénea. Mesocarpo de paredes gruesas.

Figura 66. Emerald. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos cosechados con madurez M2 y con destino a Europa (fruta no bromurada) luego de 18 días a 0 °C. Epidermis con dos capas de pigmento homogéneas. Capa subepidérmica granulada. Presencia de escasas esclereidas.



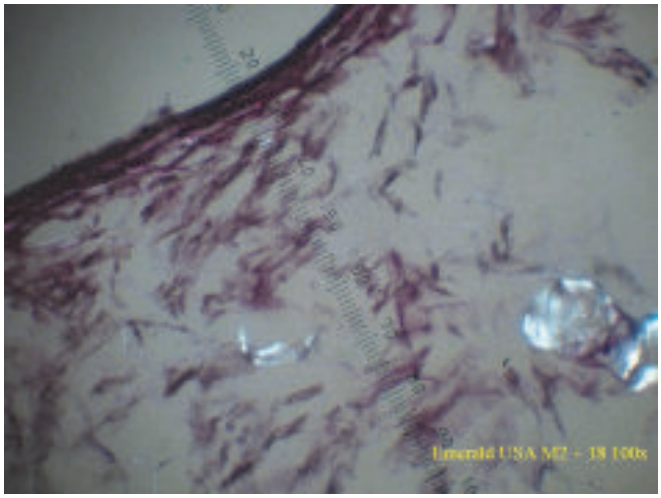


Figura 67. Emerald. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos cosechados con madurez M2 y con destino a USA (fruta bromurada) luego de 18 días a 0 °C. Cutícula 5,2 η. Epidermis con primera y segunda capa pigmentada en forma homogénea. La pigmentación invade el mesocarpo. Esclereidas escasas, presencia de drusas.

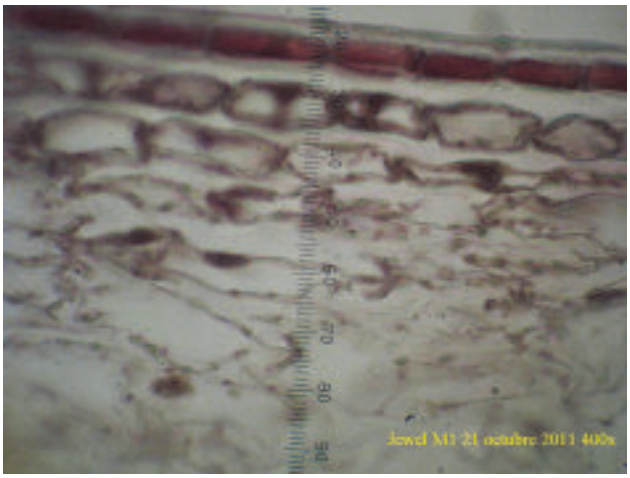


Figura 68. Jewel. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos con madurez M1 al momento de cosecha. Cutícula 6 η de espesor. Epidermis con dos capas coloreadas, células prismáticas rectangulares (36-26 x 10-16 η). Dos capas subepidérmicas granuladas. Células del mesocarpo redondeadas, paredes gruesas. Escasos espacios intercelulares, ausencia de esclereidas.

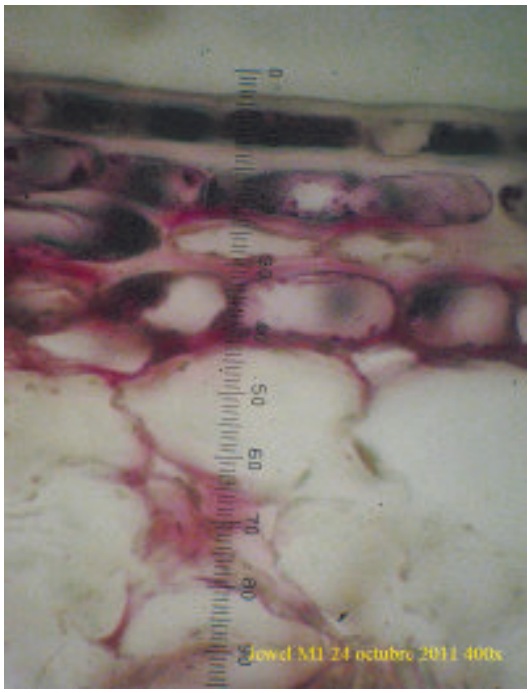


Figura 69. Jewel. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos con madurez M1 luego de dos días a temperatura ambiente inmediatos a la cosecha. Cutícula gruesa, 5,2-6 η. Epidermis con dos capas coloreadas, células prismáticas rectangulares (22 x 21 η). Dos capas de subepidermis granuladas. Las dos capas de la epidermis y las dos subepidérmicas bien marcadas, con paredes celulares gruesas (6,5 η de espesor). Células del mesocarpo redondeadas, ausencia de esclereidas, presencia de cristales de oxalato de calcio en forma de drusas. Escasos espacios intercelulares.

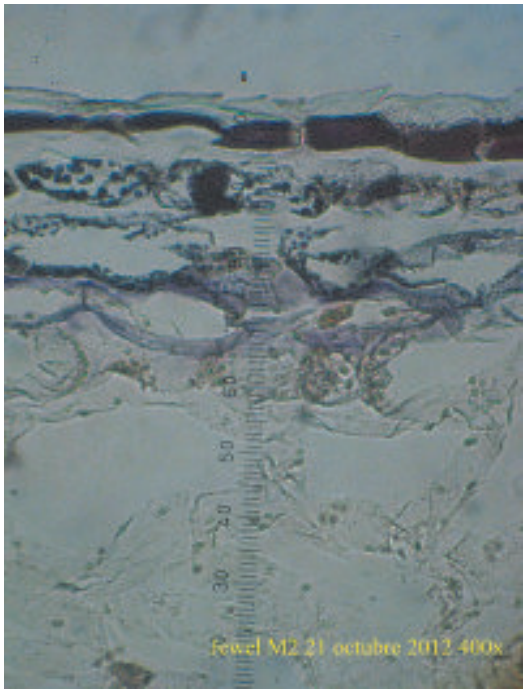


Figura 70. Jewel. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos con madurez M2 al momento de cosecha. Cutícula gruesa. Epidermis con dos capas coloreadas, células prismáticas rectangulares (26 x 10 η). Subepidermis y primeras capas del mesocarpo granuladas. Células del mesocarpo redondeadas, paredes gruesas, ausencia de esclereidas, presencia de cristales de oxalato de calcio en forma de drusas. Escasos espacios intercelulares.

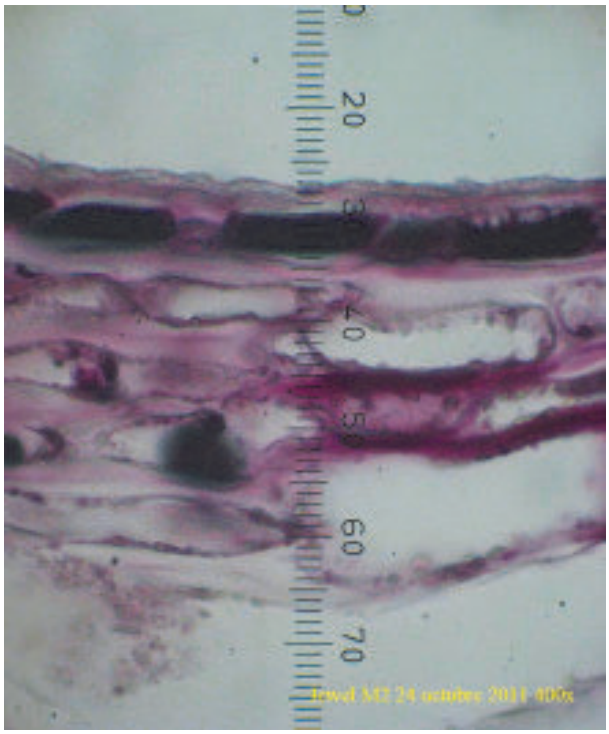


Figura 71. Jewel. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos con madurez M2 luego de dos días a temperatura ambiente inmediatos a la cosecha. Cutícula gruesa, 5,2 η de espesor. Epidermis con dos capas coloreadas, células prismáticas rectangulares (26 x 10 η). Subepidermis y primaras capas del mesocarpo granuladas. Células del mesocarpo redondeadas, paredes gruesas, ausencia de esclereidas, presencia de cristales de oxalato de calcio en forma de drusas.

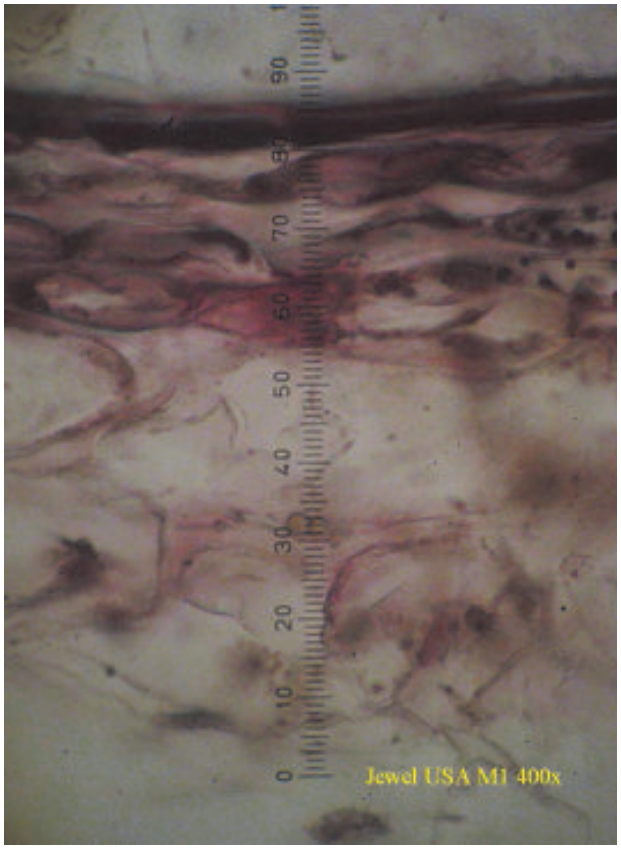


Figura 72. Jewel. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos cosechados con madurez M1 y con destino a USA (fruta bromurada) luego de 18 días a 0 °C. Cutícula gruesa, 5,2 η de espesor. Epidermis: dos capas coloreadas, células prismáticas rectangulares (68x 16 η). Subepidermis y primeras capas del mesocarpo granuladas. Células del mesocarpo redondeadas, con espacios intercelulares, ausencia de esclereidas, presencia de cristales de oxalato de calcio en forma de drusas.

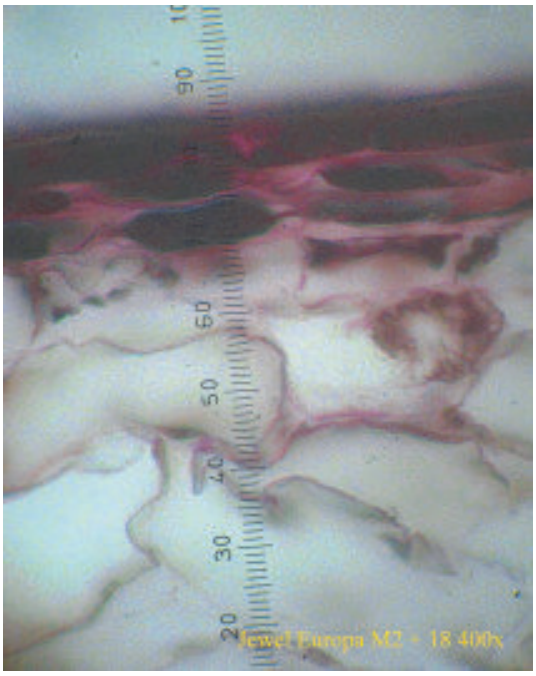


Figura 73. Jewel. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos cosechados con madurez M2 y con destino a Europa (fruta no bromurada) luego de 18 días a 0 °C. Cutícula fina, 3 η. Dos capas de la epidermis coloreadas uniformemente, más una de la subepidermis, la segunda con granulaciones.

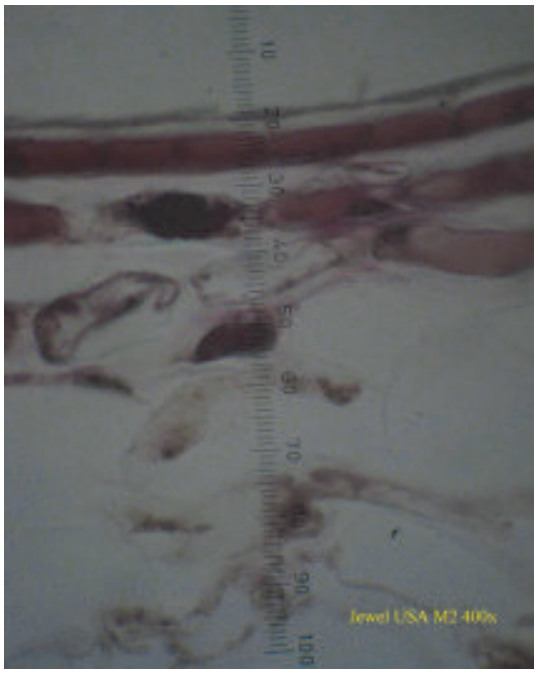


Figura 74. Jewel. Corte de epidermis y mesocarpo de arándanos cosechados con madurez M2 y con destino a USA (fruta bromurada) luego de 18 días a 0 °C. Cutícula 5,2 η de espesor. Epidermis con dos capas homogéneas de pigmento, una capa subepidérmica granulada. Mesocarpo de células de paredes gruesas, de aspecto semejante a M1.

3.4 Sistemas de almacenamiento

El objetivo del almacenamiento de frutas y hortalizas frescas es crear un ambiente alrededor de ellas que minimice los procesos naturales de senescencia. La necesidad de llegar al consumidor con productos cuyas características sean las mejores, exige ajustar el momento de cosecha, así como las condiciones de conservación para mantener y optimizar sus propiedades organolépticas y químicas. A su vez, las oportunidades comerciales y competitividad en los mercados hacen del almacenamiento una de las prácticas más importantes de la poscosecha. La temperatura, humedad relativa (HR) y la composición del aire en la cámara de conservación determinan en gran parte, la vida útil de frutas y hortalizas luego de la cosecha. Los términos de Atmósfera Normal (AN) o Atmósfera Regular (AR) están referidos al manejo de la temperatura y humedad relativa durante su conservación. En tanto los de Atmósfera Modificada (AM) y Controlada (AC) son empleados para aquellos sistemas en los cuales, además de los parámetros de temperatura y humedad, se manipula la composición gaseosa del ambiente.

La temperatura es el factor más importante para preservar la calidad de productos vegetales al estado fresco, luego de la cosecha. En este aspecto, las bajas temperaturas, manejadas durante la refrigeración, son un elemento fundamental en la disminución de la tasa respiratoria. A través de la respiración se dan reacciones bioquímicas que suponen una pérdida de las reservas alimenticias, sabor y peso, conduciendo a un deterioro o muerte de los tejidos, por lo cual se hace crítico enlentecer dicha actividad. Por otra parte, las altas temperaturas inducen una mayor tasa respiratoria, la que a su vez disminuye la vida poscosecha de una fruta u hortaliza.

La pérdida de peso de los productos hortifrutícolas, no solamente significa pérdida económica, por la reducción de kilogramos comercializables, sino que además, el desarrollo de marchitez redunda en una pérdida de calidad. Muchas frutas y hortalizas retienen mejor sus cualidades con una humedad relativa ambiente entre el 80 y 95%. No obstante ello, debe tenerse en cuenta que estos niveles de humedad suponen el crecimiento de patógenos. Por esta razón, es que las condiciones sanitarias de las instalaciones de frío, así como locales de empaque y envases, deben estar ajustadas a programas que apliquen buenas prácticas de manufactura y agrícolas.

La atmósfera normal contiene aproximadamente un 21% de oxígeno, cerca de 0% de anhídrido carbónico y 79% de nitrógeno. La conservación de frutas y hortalizas en condiciones de Atmósfera Modificada puede ser definida como el almacenamiento realizado en condiciones de composición atmosférica diferente de aquel presente en una atmósfera normal. Dependiendo del mecanismo por el cual se establece una atmósfera alrededor del producto, la misma se denomina pasiva o activa.

Una atmósfera modificada es considerada pasiva, cuando la composición gaseosa dentro del envase o recinto de conservación es corregida por el proceso de respiración del producto y por la permeabilidad de la barrera utilizada para contener dicha atmósfera. El almacenamiento en éstas condiciones utiliza el proceso respiratorio del vegetal, para reducir el nivel de oxígeno y elevar el del anhídrido carbónico en el ambiente que lo circunda. Es un sistema dinámico, en el cual el proceso respiratorio y permeabilidad ocurren simultáneamente. Para mantener la composición interna dentro de los límites deseados, la permeabilidad de la barrera debe permitir la entrada de oxígeno a una tasa compensada por la respiración del producto. Del mismo modo, la salida de anhídrido carbónico debe permitir un equilibrio con el nivel del mismo, producido por la respiración, habiendo una elevación inicial, seguida de un posterior mantenimiento (Salunkhe *et al.,* 1991).

Una atmósfera modificada es considerada semi activa, cuando uno o más gases son adicionados o retirados al inicio del almacenamiento, siendo sus niveles no controlados posteriormente (Yahia, E.M., 1998).

Una atmósfera modificada es activa cuando el porcentaje de cada gas es estrictamente controlado, luego de adicionado o retirado. En el vocabulario utilizado por los especialistas en estudios de cosecha y poscosecha se le denomina con el término de atmósfera controlada o la abreviatura AC.

Para la instalación de éste experimento se utilizaron arándanos de las variedades O´Neal y Misty, provenientes de la cosecha comercial, la cual estuvo compuesta por una mezcla de estados de desarrollo M1 y M2. No obstante, la fruta fue clasificada para retirar aquellas sobre maduras o verdes, así como las que presentaban daños físicos. Se utilizaron los sistemas de almacenamiento en Atmósfera Modificada pasiva (AM) y Atmósfera Regular o Convencional (AR).

3.4.1 Variedad O´Neal

Las diferencias en el contenido de sólidos solubles entre sistemas y períodos de almacenamiento, debido a los bajos coeficientes de variación y valores Lsd (mínima diferencia significativa), resultaron estadísticamente significativas. Por ejemplo, a los 30 días en la fruta de AR se registró 12,5 ºBrix y en la de AM 12,3 ºBrix. Si bien los arándanos provenientes de AR presentaron 0,2 º Brix más que los de AM, esa disparidad no sería captada por el consumidor. Trabajos sobre análisis sensorial de frutas reportaron que las desigualdades deben ser mayores a 1,0 º Brix para poder clasificarlas dentro de una escala de dulzor (Feippe A. *et al.*, 2008; Harker F.R. *et al.,* 2002). Por lo tanto, de los datos obtenidos se observó una igualdad de dulzor entre arándanos almacenados en condiciones de AR y AM, así como durante los respectivos períodos poscosecha. Las temperaturas ambientes no aumentaron la síntesis de sólidos solubles, que al igual que en otras frutas, luego de la cosecha no experimentan una evolución trascendente.

La acidez registró mayores variaciones desde la fecha de cosecha hasta el final del

almacenamiento. Lo más destacable fue que la fruta almacenada en condiciones de AM tuvo valores de acidez mayores. Este es un aspecto muy importante desde el punto de vista de preferencias del consumidor. Contenidos de ácidos muy bajos, a similares valores de sólidos solubles, ocasionan relaciones de SS/acidez altas en detrimento del sabor de la fruta, al perderse el equilibrio entre ambos (Cuadro 15).

Considerando como referencia el rango óptimo entre 10 y 33 para la relación entre sólidos solubles y acidez, se observó una marcada incidencia del sistema de almacenamiento. Los arándanos conservados en AR, mantuvieron un valor cercano al óptimo hasta los 35 días a 0° C (SS/ATT=34), pero en condiciones de temperatura ambiente esa relación superó los niveles recomendados. En tanto, los arándanos almacenados en AM conservaron, incluso a temperatura ambiente, valores cercanos al máximo óptimo, hasta los 45 días de almacenamiento (SS/ATT = 39), luego del cual el cociente entre ambos parámetros fue similar al de la fruta proveniente de AR (Figura 75).

Cuadro 15. O´Neal. Incidencia del sistema y período de almacenamiento sobre los valores medios de sólidos solubles y acidez total titulable luego de 30, 35, 40 y 45 días a 0 ºC, seguidos de dos días a temperatura ambiente

	Sólidos Solubles Totales (ºBrix)		Acidez Total Titulable (% de ácido cítrico)	
Días almacenamiento	**Sistema de almacenamiento**		**Sistema de almacenamiento**	
	AR*	**AM***	**AR**	**AM**
Cosecha	13,5	13,5	0,463	0,463
30 días	12,5	12,3	0,373	0,453
30 días + 2 temp. ambiente	14,1	13,7	0,316	0,446
35 días	13,9	13,4	0,387	0,396
35 días + 2 temp. ambiente	13,6	14,0	s/d	s/d
40 días	13,4	13,4	0,262	0,363
40 días + 2 temp. ambiente	13,0	13,0	0,232	0,331
45 días	13,0	13,2	0,328	0,340
45 días + temp. ambiente	13,0	13,2	0,296	0,312
	CV = 0,81 % Lsd = 0,18		**CV = 5,81 % Lsd =0,016**	

*AR – Atmósfera Regular; AM – Atmósfera Modificada s/d – sin datos.

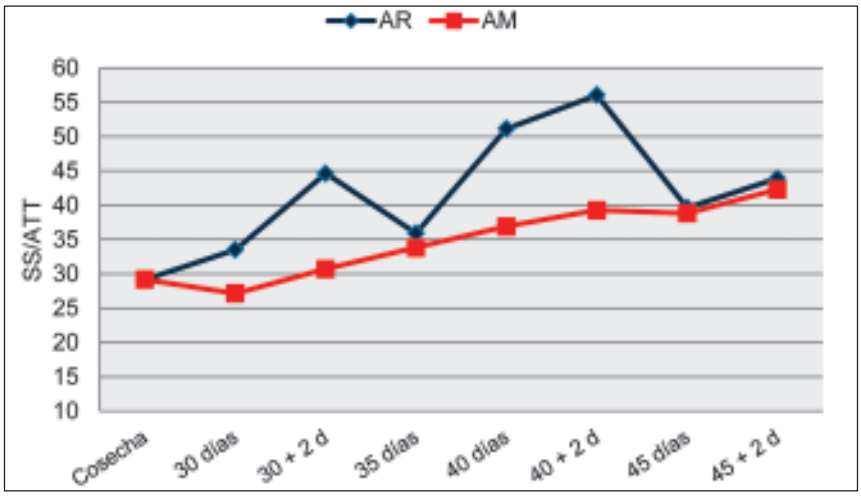


Figura 75. O´Neal. Evolución de la relación entre sólidos solubles y acidez (SS/ATT) en frutos de arándanos almacenados en condiciones de atmósfera regular (AR) y modificada (AM) a la cosecha, 30, 35, 40 y 45 días a 0 °C, seguidos de dos días a temperatura ambiente.

En relación al aspecto externo, los arándanos almacenados en AM, a los 40 días, no presentaron cambios contrastantes con la fruta recién cosechada (Figuras 76, 77 y 78). En tanto, los arándanos mantenidos durante el mismo período en AR, evidenciaron un aspecto de sobre madurez, diferenciándose principalmente por la pigmentación de la piel comparada con la fruta la cosecha (Figuras 76 a 79).

Figura 76. O´Neal 2010/2011. Aspecto externo al momento de cosecha de arándanos previo al almacenamiento en condiciones de atmósfera regular y modificada.

Figura 77. Acondicionamiento de la fruta en atmósfera modificada.

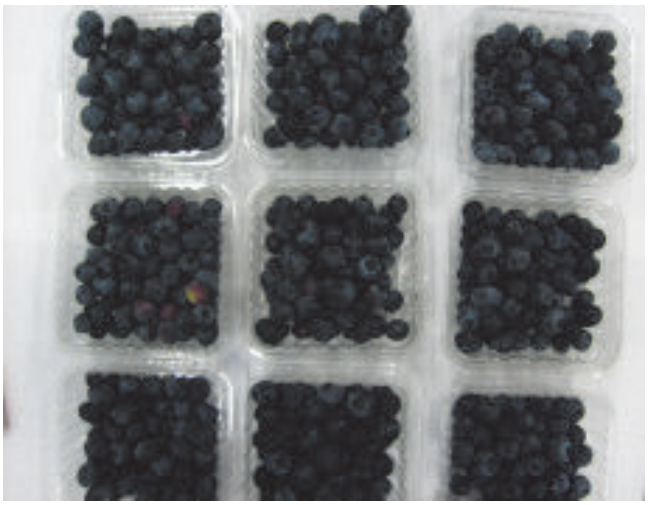


Figura 78. O´Neal. Aspecto externo luego de 40 días de almacenamiento en atmósfera modificada.

Figura 79. O´Neal. Aspecto externo luego de 40 días de almacenamiento en atmósfera regular.

3.4.2 Variedad Misty

En el caso de esta variedad y para las condiciones de almacenamiento, son aplicables los comentarios realizados en el caso de O´Neal. Los datos obtenidos mostraron una similitud en los niveles de sólidos solubles entre sistemas de almacenamiento y entre períodos. También en esta variedad se observó que las temperaturas ambientes no aumentaron la síntesis de sólidos solubles.

La acidez fue superior en la fruta mantenida en condiciones de AM, luego de cada período de frío y a temperatura ambiente, la cual si bien puede no ser diferenciada sensorialmente al consumir la fruta, contribuye al sabor, frente a un contenido similar de sólidos solubles, a través de la relación SS/acidez (Cuadro 16).

En esta variedad, la relación SS/ATT en ambos sistemas, se mantuvo dentro de los rangos recomendados durante todo el almacenamiento a 0 °C. En condiciones de temperatura ambiente, durante dos días, los arándanos mantenidos en AR elevaron el valor del cociente por encima del límite máximo recomendado, siendo los mismos de 47, 53 y 44 luego de 30, 40 y 45 días de frío respectivamente. En tanto en los arándanos provenientes de AM, la relación (SS/ATT = 42) superó el límite máximo recomendado en condiciones de temperatura ambiente, luego de 45 días de frío (Figura 80).

Cuadro 16. Misty. Incidencia del sistema y período de almacenamiento sobre los valores medios de sólidos solubles y acidez total titulable luego de 30, 35, 40 y 45 días a 0 ºC, seguidos de dos días a temperatura ambiente

	Sólidos Solubles Totales (ºBrix)		Acidez Total Titulable (% de ácido cítrico)	
Días almacenamiento	**Sistema de almacenamiento**		**Sistema de almacenamiento**	
	AR*	**AM***	**AR**	**AM**
Cosecha	14,8	14,8	0,608	0,608
30 días	14,9	14,3	0,473	0,509
30 días + 2 temp. ambiente	15,0	14,9	0,322	0,480
35 días	14,8	14,0	0,530	0,535
35 días + 2 temp. ambiente	15,0	15,0	s/d	s/d
40 días	15,0	14,4	0,480	0,523
40 días + 2 temp. ambiente	15,8	14,0	0,300	0,419
45 días	15,0	14,0	0,498	0,558
45 días + temp. ambiente	15,0	15,0	0,341	0,359
	CV = 0,88 % Lsd = 0,21		**CV = 3,43 % Lsd =0,016**	

*AR – Atmósfera Regular; AM – Atmósfera Modificada s/d – sin datos.

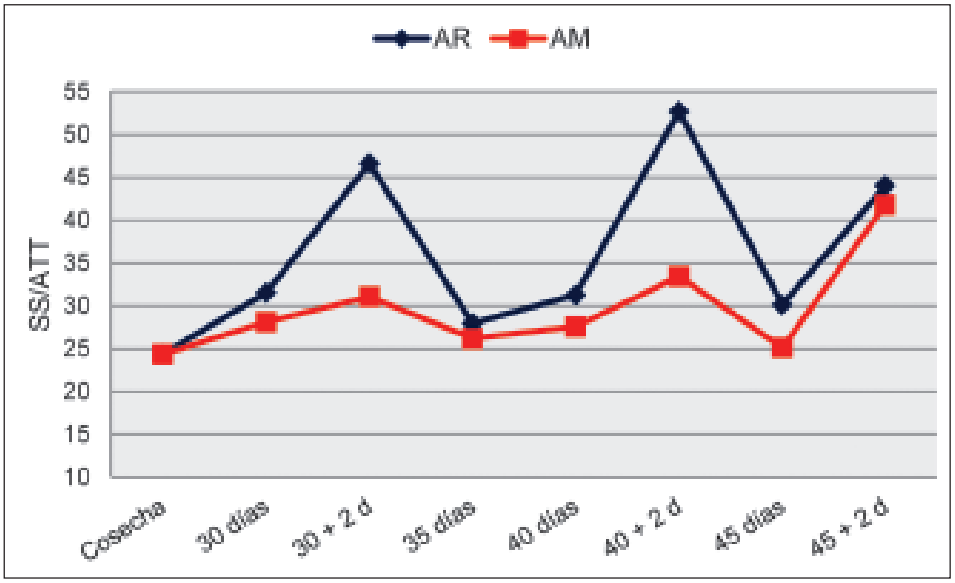


Figura 80. Misty. Evolución de la relación entre sólidos solubles y acidez (SS/ATT) en frutos de arándanos almacenados en condiciones de atmósfera regular (AR) y modificada (AM) a la cosecha, 30, 35, 40 y 45 días a 0 °C, seguidos de dos días a temperatura ambiente.

En esta variedad, también el aspecto externo de los arándanos almacenados en AM, a los 40 días, no presentaron cambios contrastantes con la fruta recién cosechada (Figuras 81 y 82). En cambio, los arándanos mantenidos en AR y durante el mismo período, evidenciaron un aspecto de sobre madurez, dado por la mayor pigmentación de la piel (Figuras 81 a 83).

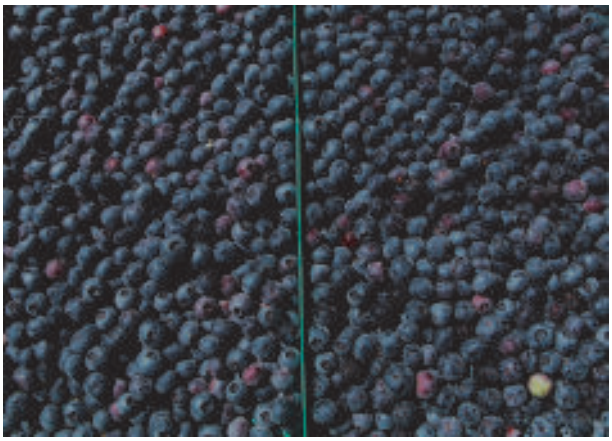


Figura 81. Misty 2010/2011. Aspecto externo al momento de cosecha de arándanos previo al almacenamiento en condiciones de atmósfera regular y modificada.

Figura 82. Misty. Aspecto externo luego de 40 días de almacenamiento en atmósfera modificada.

Figura 83. Misty. Aspecto externo luego de 40 días de almacenamiento en atmósfera regular.

3.4.3 Pérdida de peso e Incidencia de hongos (AR y AM)

El periodo de almacenamiento de arándanos en cámara de frío y durante la vida de estante está limitada principalmente por el desarrollo de hongos. No obstante la germinación de esporas disminuye por los efectos de bajas y altas concentraciones de oxígeno y anhídrido carbónico respectivamente, donde la utilización de atmósferas modificadas - controladas han sido eficaces en el control de patógenos, luego de la cosecha (Beaudry, R.M, 1999; Wendy Schotsmans *et al.,* 2007).

El sistema de atmosfera modificada pasiva, con un manejo correcto de temperatura y humedad relativa, dependiente del tipo de fruto almacenado, crea una barrera alrededor del producto evitando la pérdida de vapor de agua. Este mantenimiento del equilibrio entre el ambiente interno y externo a la fruta disminuye la pérdida de peso y los síntomas de deshidratación (Feippe, A; Villasboas, E., 2001).

En el presente trabajo, la utilización del sistema de AM fue eficaz en la reducción de pérdida de agua y en la disminución de germinación de esporas. Los resultados obtenidos mostraron que en ambas variedades, los porcentajes de pérdida de peso e incidencia de hongos fueron menores en los arándanos almacenados en condiciones de AM (Cuadros 17 y 18).

Cuadro 17. O´Neal. Pérdida de peso e incidencia de hongos en arándanos almacenados en atmósfera regular (AR) y modificada (AM)

Días de almacenamiento a 0º C	Pérdida de peso (%)		Incidencia de hongos (%)	
	AR	AM	AR	AM
30	3,00	1,25	0,13	0,00
35	3,83	1,36	5,21	0,00
40	4,20	1,38	0,00	0,00
45	3,93	1,60	9,14	3,84

Cuadro 18. Misty. Pérdida de peso e incidencia de hongos en arándanos almacenados en atmósfera regular (AR) y modificada (AM)

Días de almacenamiento a 0º C	Pérdida de peso (%)		Incidencia de hongos (%)	
	AR	AM	AR	AM
30	1,90	<1,00	<1,00	0,00
35	3,48	1,14	4,53	0,00
40	4,41	1,75	2,62	2,00
45	3,93	<1,00	4,80	3,30

3.4.4 Cortes de epidermis y mesocarpo

El análisis de los tejidos de los frutos evidenciaron los aspectos internos de la fruta y sus diferencias histológicas en relación al sistema y período de almacenamiento. El grosor de la cutícula, la disposición y forma de las células de la epidermis, son importantes elementos que pueden variar según las condiciones de almacenamiento. La pigmentación evoluciona a medida que transcurre el tiempo que la fruta permanece en cámara y es afectada por el tipo de ambiente gaseoso alrededor de los frutos (AM y AR). En general en los arándanos sometidos a condiciones de AR, el mesocarpo se infiltró más de pigmentos que aquellos mantenidos en AM, lo cual es un indicador del colapso celular a medida que avanza la maduración y senescencia (Figuras 84 a 98).

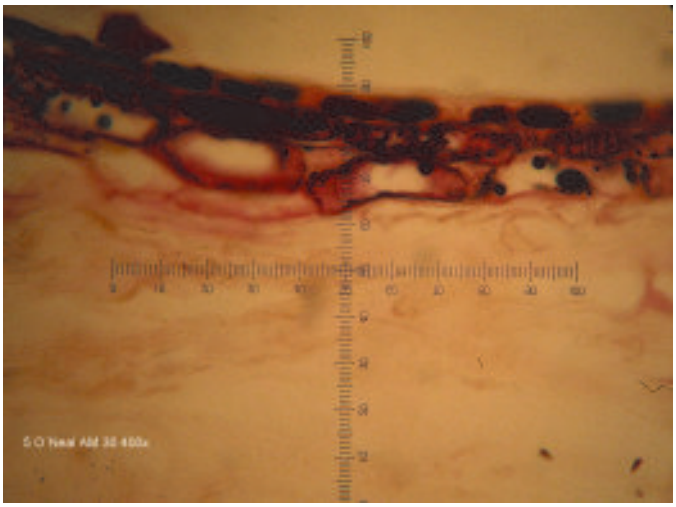


Figura 84. O'Neal. Histología de frutos almacenados durante 30 días en Atmósfera Modificada. Epidermis: primera capa de células rectangulares, pigmentación irregular; células homogéneamente pigmentadas, alternando con células con gránulos violáceos. Subepidermis con gránulos violáceos y lumen claro, con algunos gránulos en las paredes.

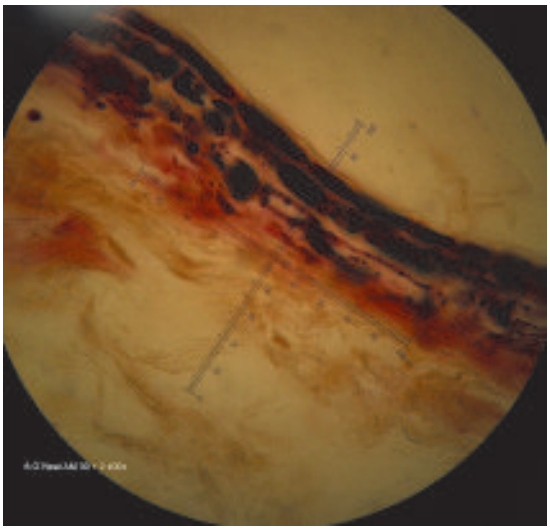
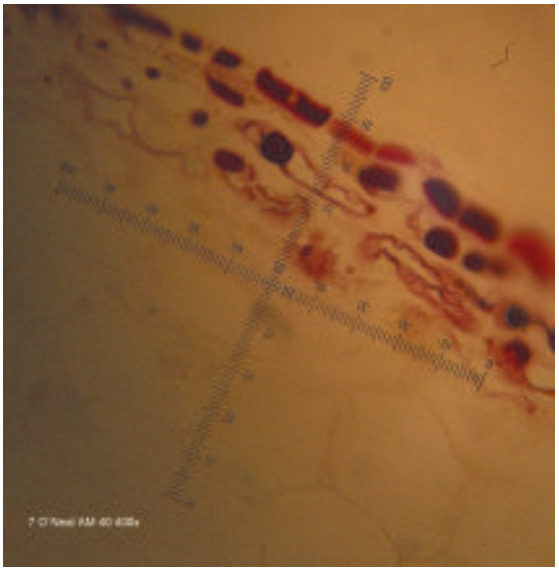


Figura 85. O´Neal. Histología de frutos almacenados durante 30 días en atmósfera modificada seguidos de dos días a temperatura ambiente. La infiltración del parénquima del mesocarpo parece menor que en los arándanos de atmósfera regular, en las mismas condiciones.

Figura 86. O´Neal. Histología de frutos almacenados durante 40 días en atmósfera modificada. Epidermis: primera capa con células rectangulares, 31 x 16 ç, color homogéneo; segunda capa con tinción solo en las paredes. Subepidermis: paredes delgadas, pigmento solo en las paredes. Mesocarpo con células redondeadas, 86 η, de paredes delgadas.



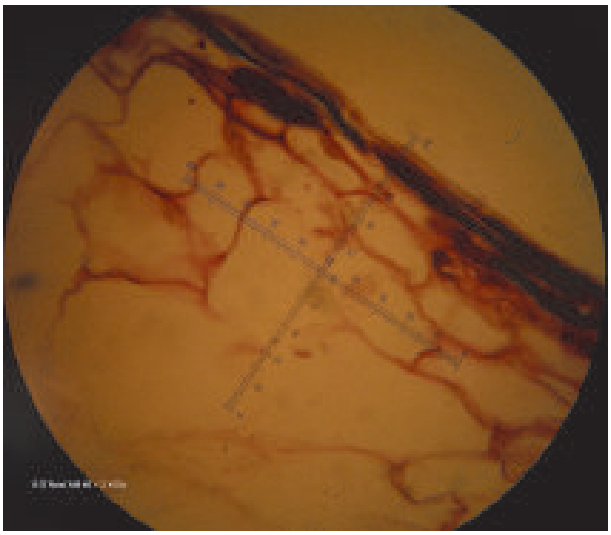


Figura 87. O' Neal. Histología de frutos almacenados durante 40 días en atmósfera modificada, seguidos de dos días a temperatura ambiente. Epidermis: dos capas de células rectangulares, 104 x 18 μ , cutícula 5,2 η. Subepidermis, paredes teñidas, lumen blanco. Mesocarpo de células grandes, paredes delgadas (180 x 130 η).

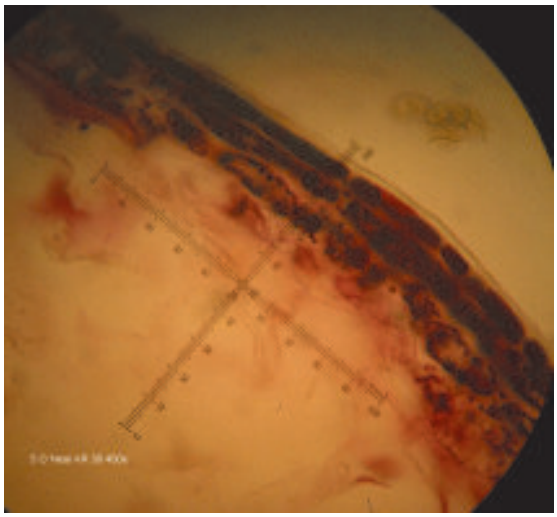


Figura 88. O'Neal. Histología de frutos almacenados durante 30 días en atmósfera regular. Epidermis: primera capa de células rectangulares, 78 x 21 η, cutícula 5,2 η, con pigmento violáceo homogéneo, paredes anticlinales gruesas (radiales) e incoloras; segunda capa de células rectangulares, violácea de gránulos densos. Subepidermis con células con gránulos violáceos contra la pared, lumen claro. Mesocarpo de células grandes (104 x 78 η), paredes delgadas, infiltradas de pigmento en la primera capa inmediata, por debajo de la subepidermis. Presencia de drusas.

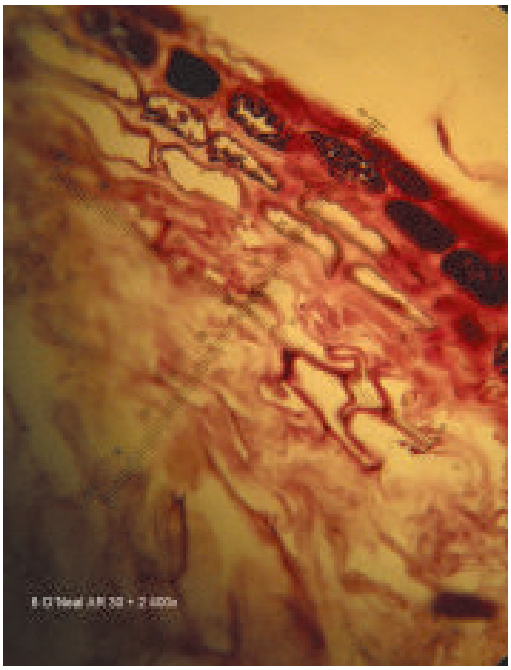


Figura 89. O'Neal. Histología de frutos almacenados durante 30 días en atmósfera regular seguidos de dos días a temperatura ambiente. Epidermis: primera capa de color homogéneo violáceo; segunda capa de color homogéneo, alternando con gránulos densos. Subepidermis con células con gránulos violáceos contra la pared, lumen claro. Mesocarpo infiltrado de pigmento, células de paredes delgadas.

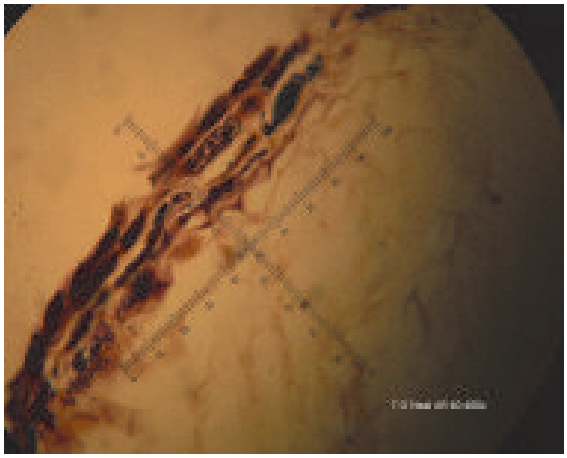


Figura 90. O' Neal. Histología de frutos almacenados durante 40 días en atmósfera regular. Epidermis de células rectangulares, dos capas de color violáceo oscuro a marrón, 62 x 13 η. Subepidermis de células rectangulares, igual a las anteriores con células muy pigmentadas a claras. Mesocarpo de células redondeadas, de paredes delgadas pigmentadas.

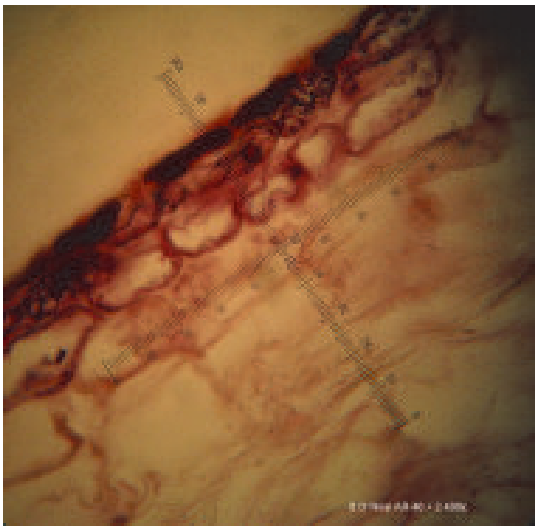


Figura 91. O' Neal. Histología de frutos almacenados durante 40 días en atmósfera regular seguidos de dos días a temperatura ambiente. Epidermis: primera y segunda capa con las paredes más el lúmen de color rosado, con gránulos. Subepidermis, células de paredes delgadas, teñidas. Mesocarpo de células de paredes delgadas y teñido.

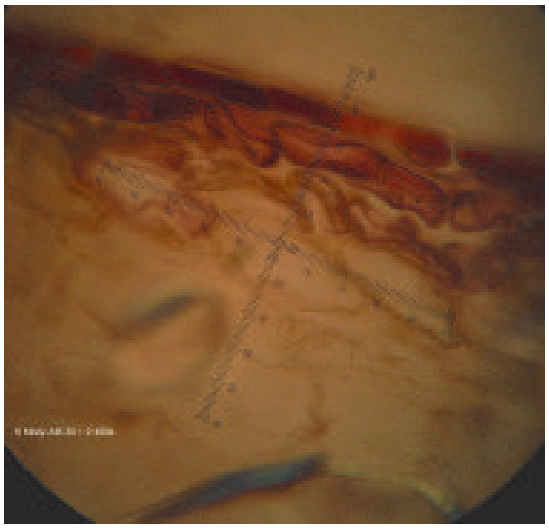


Figura 92. Misty. Histología de frutos almacenados durante 30 días en atmósfera modificada seguidos de dos días a temperatura ambiente. La infiltración del parénquima del mesocarpo parece menor que en los arándanos de atmósfera regular, para el mismo período. Epidermis: primera capa homogénea, marrón oscuro, con gránulos violáceos más o menos homogéneos; segunda capa: pigmentos en gránulos. Subepidermis: pigmento solo en las paredes. Mesocarpo sin pigmentación.

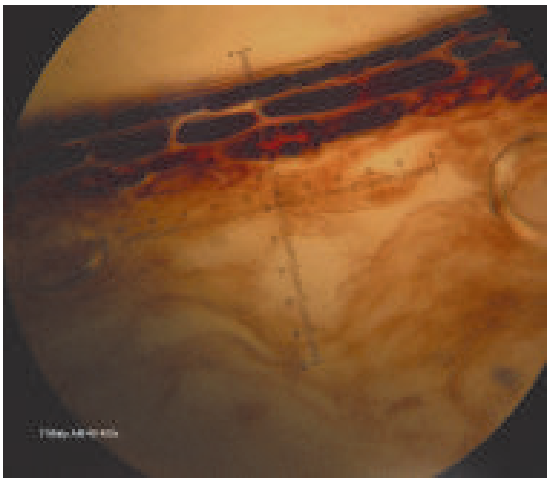


Figura 93. Misty. Histología de frutos almacenados durante 40 días en atmósfera modificada. Epidermis: dos capas de tinción homogénea (violáceo oscuro). Subepidermis: células de pigmentación homogénea, alternando con células con gránulos. Mesocarpo sin tinción, excepto la primera capa, células aproximadamente rectangulares de paredes delgadas.

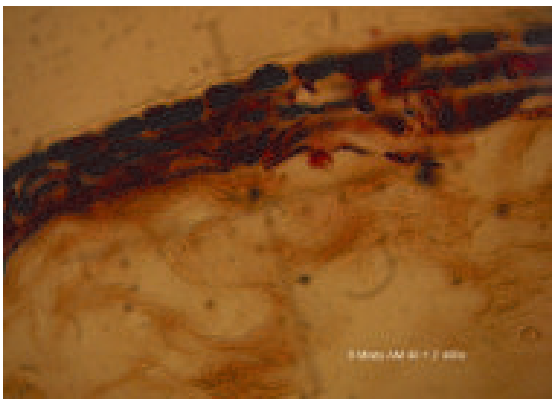


Figura 94. Misty. Histología de frutos almacenados durante 40 días en atmósfera modificada, seguidos de dos días a temperatura ambiente. Epidermis: primera capa con células teñidas de violáceo en forma homogénea; segunda capa con gránulos de pigmento contra las paredes. Mesocarpo de células grandes, paredes delgadas, sin tinción.

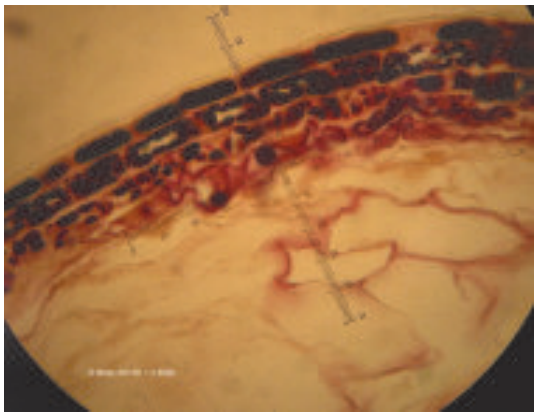


Figura 95. Misty. Histología de frutos almacenados durante 30 días en atmósfera regular seguidos de dos días a temperatura ambiente. Epidermis: primera capa de células rectangulares, color homogéneo violáceo; segunda capa con gránulos violáceos contra la pared, lúmen claro. Subepidermis de células con gránulos violáceos contra la pared, lumen claro. Mesocarpo: primera capa coloreada intensamente, con gránulos en las paredes, infiltrado de pigmento, células de paredes delgadas, coloreadas de violáceo.

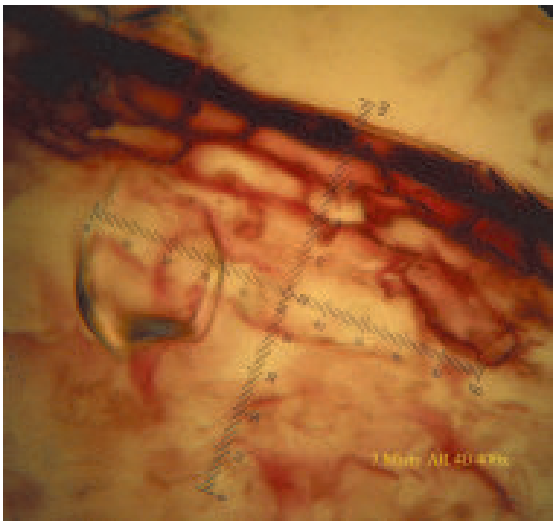


Figura 96. Misty. Histología de frutos almacenados durante 40 días en atmósfera regular. Epidermis: primera capa, coloración homogénea; segunda capa: coloración rosada intensa de las paredes. Subepidermis, con paredes intensamente coloreadas, lumen blanco. Mesocarpo de células de paredes delgadas, coloreadas. Mesocarpo infiltrado por el pigmento.

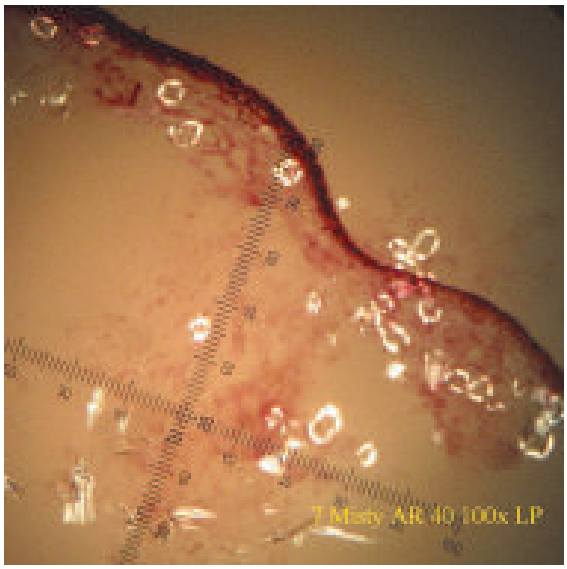


Figura 97. Misty. Histología de frutos almacenados durante 40 días en atmósfera regular. Presencia de esclereidas en el mesocarpo.

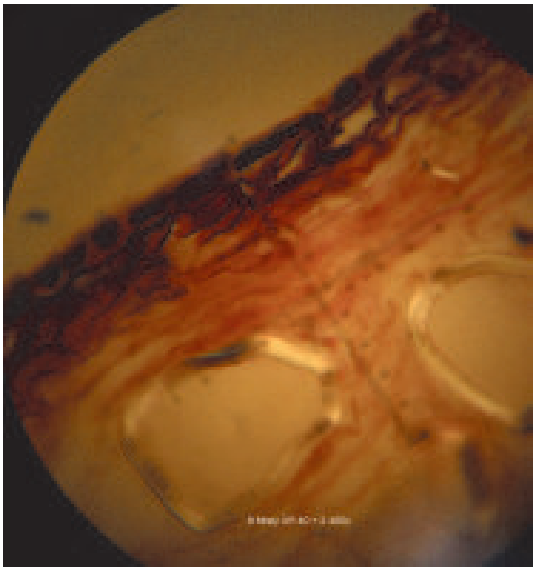


Figura 98. Misty. Histología de frutos almacenados durante 40 días en atmósfera regular seguidos de dos días a temperatura ambiente. Epidermis: primera capa con células teñidas en forma homogénea; segunda capa con células rosadas, alternando con células de lúmen blanco. Mesocarpo con células de paredes delgadas, teñido y con grandes esclereidas.

3.5 Valor nutricional

Los arándanos tienen un alto contenido de compuestos fenólicos, siendo el grupo más importante el de los flavonoides, constituidos principalmente por antocianidinas, proantocianidinas, catequinas, flavonas y sus glucósidos. Estos principios activos ejercen un efecto beneficioso para la salud, reportándose que actúan como agentes antidiabéticos, al proteger al organismo contra la toxicidad de la glucosa (Louis C. Martineau *et al.*, 2006). La flora intestinal, al fermentar los compuestos bioactivos de los arándanos, aumenta su potencial antioxidante y antiinflamatorio en afecciones de colon (Osman, N *et al.*, 2008). Se ha demostrado que el consumo de arándanos ejerce un efecto benéfico en atletas que realizan ejercicios físicos en condiciones de altas temperaturas (Steven R. McAnulty *et al.*, 2004). En adición a lo anterior, se han reportado otros efectos benéficos sobre la salud, debido al consumo de frutas y hortalizas ricos en compuestos antioxidantes, tales como la reducción de incidencia de cáncer y enfermedades neurológicas degenerativas (Bickford PC, *et al.,* 1999).

Diferentes métodos de manejo poscosecha pueden afectar los niveles de los fitonutrientes en los frutos. Normalmente el nivel de los mismos disminuye cuando los frutos comienzan a deshidratarse y se inicia la desintegración de los tejidos. Por ello, cualquier tratamiento poscosecha que sea eficaz para preservar la calidad de los productos frescos, también favorece el mantenimiento de los valores nutricionales (Wang, 2007). Por otra parte esos valores varían entre variedades, ciclos productivos, temperatura de almacenamiento (Feippe, A *et al.*, 2010), así como con la duración del período poscosecha y con los estados de desarrollo o madurez (Conner *et al.,*2002). Cuando se cosechan los arándanos inmaduros (50% a 75% de azul), se da un aumento significativo de la actividad antioxidante durante el almacenamiento en frío, aunque no se alcanza el nivel encontrado en la fruta cosechada con un 100% de color azul (Conner, *et al.,* 2002).

3.5.1 Variedad O´Neal

En la variedad O´Neal, durante los dos ciclos productivos, el factor madurez reflejó que los arándanos cosechados con estado de desarrollo M2 presentaron valores superiores de fenoles, actividad antioxidante y pigmentos, expresados estos últimos, a través del contenido de antocianinas totales (Figura 99).

Considerando la variación de madurez y almacenamiento, en ambos

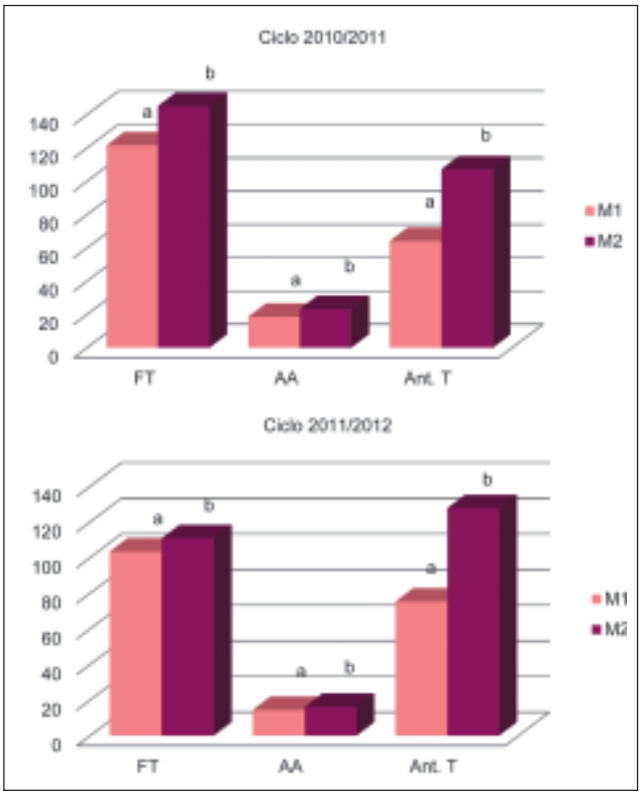


Figura 99. O´Neal. Efecto del estado de madurez sobre los niveles de fenoles totales (FT), actividad antioxidante (AA) y antocianinas totales (Ant. T) expresados en EAG o equivalente de ácido gálico, porcentaje de Inhibición de DPPH y mg /100 g de peso fresco, respectivamente.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

años de trabajo, el valor nutricional de la fruta, en términos generales, amentó en aquellas mantenidas durante cortos períodos a temperatura ambiente, luego del almacenamiento refrigerado, coincidente con el manejo que se da en la comercialización y con las condiciones en las cuales el arándano es consumido. En el primer ciclo del experimento, el mantenimiento de la fruta a 4 °C, no mostró variaciones importantes en relación a los valores registrados a 0 °C (Cuadros 19 y 20).

Cuadro 19. O´Neal. 2010/2011. Efecto del estado de desarrollo y almacenamiento sobre los valores medios de fenoles totales, actividad antioxidante y antocianinas totales a la cosecha, 15, 22 y 29 días de almacenamiento refrigerado (0 °C) seguidos de dos días a temperatura ambiente y a 4 º C

Tratamiento	Fenoles Totales (EAG o equivalente de ácido gálico)		Actividad Antioxidante (Porcentaje de Inhibición de DPPH)		Antocianinas Totales (mg/100 g de peso fresco)	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Cosecha	118 a	134 a	13,4 a	17,5 b	38,8 a	111,6b
Cosecha + temp. ambiente	132 a	158 b	17,3 a	24,1 b	119,7 a	131,2b
Cosecha + 4 ºC	113 a	168 b	13,9 a	22,8 b	33,4 a	77,7b
15 días de cámara de frío (0 °C)	111 a	134 b	18,8 a	23,5 b	43,9 a	84,8b
15 + temp. ambiente	133 a	153 b	24,7 a	26,6 a	86,2 a	124,0b
15 + 4 ºC	108 a	134 b	16,4 a	24,8 b	42,8 a	102,5b
22 días de cámara de frío (0 °C)	112 a	137 b	18,0 a	25,2 b	89,4 a	111,7b
22 + temp. ambiente	147 a	148 a	22,8 a	26,2 b	97,9 a	115,4b
22 + 4 ºC	108 a	142 b	16,4 a	24,3 b	65,7 a	87,4b
29 días de cámara de frío (0 °C)	118 a	135 a	18,9 a	19,9 a	30,9 a	125,8b
29 + temp. ambiente	153 a	163 a	25,9 a	25,0 a	82,0 a	103,8b
29 + 4 ºC	107 a	136 b	14,9 a	18,5 b	38,6 a	110,3b
Coeficiente de Variación (C.V)	Lsd = 17,99 CV = 8,22 Lsd = 3,72 CV = 10,97 Lsd = 15,71CV =11,17					

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

Cuadro 20. O´Neal 2011/2012. Efecto del estado de desarrollo y almacenamiento sobre los valores medios de fenoles totales, actividad antioxidante y antocianinas totales, a la cosecha, 15, 22 y 29 días de almacenamiento refrigerado (0 °C) seguidos de dos días a temperatura ambiente

Tratamiento	Fenoles Totales (EAG o equivalente de ácido gálico)		Actividad Antioxidante (Porcentaje de Inhibición de DPPH)		Antocianinas Totales (mg/100 g de peso fresco)	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Cosecha	90a	103b	10,8a	14,0b	43,9a	80,9b
Cosecha + temp. ambiente	116a	117a	14,7a	16,5a	92,1a	152,2b
15 días de cámara de frío (0 °C)	99a	97a	10,5a	20,8b	69,4a	131,0b
15 + temp. ambiente	102a	122b	18,1a	20,3a	95,7a	151,8b
22 días de cámara de frío (0 °C)	102a	104a	11,4a	13,5a	70,2a	115,0b
22 + temp. ambiente	127a	129a	24,5a	14,9b	84,8a	137,4b
29 días de cámara de frío (0 °C)	98a	107b	13,4a	13,0a	63,6a	118,8b
29 + temp. ambiente	93a	108b	11,6a	16,5b	81,8a	133,4b
Coeficiente de Variación (C.V.)	Lsd = 8,94 CV = 5,00 Lsd = 2,62 CV = 10,23 Lsd = 5,67 CV = 3,34					

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

3.5.2 Variedad Misty

En el ciclo 2010/2011, el nivel de fenoles totales (FT) fue significativamente mayor en los arándanos cosechados en estado de madurez M2 (322 EAG) comparados con M1 (258 EAG). Durante el almacenamiento, la fruta de M1 aumentó significativamente sus niveles en condiciones de temperatura ambiente, luego de 15, 22 y 29 días de frío (328, 334 y 343 EAG respectivamente). Estos valores fueron similares a los de los arándanos de M2, en las mismas fechas, lo cual los hace análogos en valor nutricional. Por otra parte se observó una tendencia a disminuir el contenido de FT, en la fruta de M2, a medida que progresó el almacenamiento.

En relación a la capacidad antioxidante (AA), si bien en la fruta de M2 este parámetro fue superior al momento de cosecha (26,8%), el mismo no fue significativamente mayor comparado con el de la fruta de M1 (23,7%). A su vez, los arándanos de ambos estados de madurez, registraron AA similares en condiciones de temperatura ambiente, inmediato a la cosecha y a los sucesivos períodos de almacenamiento a 0 ºC.

La concentración de antocianinas totales (AT) mostró que en los frutos cosechados con M1, los valores fueron significativamente inferiores (28,3%) a los cosechados con M2 (68,4%). No obstante en los dos días inmediatos, a temperatura ambiente, el nivel de pigmentos (76,6 %) de frutos de M1 fue similar al de la fruta de M2 (78,7%). La misma situación se observó en los sucesivos dos días, luego de 15 días a 0 ºC, donde los valores de antocianinas fueron semejantes entre M1 (60,6%) y M2 (69,7%).

Por otra parte, la fruta mantenida a temperatura de heladera (4 °C) durante dos días post almacenamiento a 0 °C, registró valores inferiores en los niveles nutricionales, comparados con los de temperatura ambiente (Cuadro 21).

Considerando el factor madurez, la evolución del contenido de fenoles y actividad antioxidante durante el almacenamiento, condujo a que las medias generales no mostraran diferencias entre la fruta cosechada en cada uno de los dos estados de desarrollo (Figura 100).

Cuadro 21. Misty 2010/2011. Efecto del estado de desarrollo y almacenamiento sobre los valores medios de fenoles totales, actividad antioxidante y antocianinas totales a la cosecha, 15, 22 y 29 días de almacenamiento refrigerado (0 °C) seguidos de dos días a temperatura ambiente y a 4 ºC

Tratamiento	Fenoles Totales (EAG o equivalente de ácido gálico)		Actividad Antioxidante (Porcentaje de Inhibición de DPPH)		Antocianinas Totales (mg/100 g de peso fresco)	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Cosecha	258 a	322 b	23,7 a	26,8 a	28,3 a	68,4 b
Cosecha + temp. ambiente	271 a	300 a	37,2 a	39,4 a	76,6 a	78,7 a
Cosecha + 4 ºC	223 a	240 a	37,6 a	40,7 a	41,7 a	57,3 b
15 días de cámara de frío (0 °C)	292 a	313 a	37,0 a	43,6 b	31,4 a	65,4 b
15 + temp. ambiente	328 a	286 a	40,4 a	39,2 a	60,6 a	69,7 a
15 + 4 ºC	308 a	317 a	33,7 a	35,1 a	31,1 a	55,7 b
22 días de cámara de frío (0 °C)	279 a	259 a	39,2 a	39,6 a	32,2 a	64,4 b
22 + temp. ambiente	334 a	302 a	41,1 a	42,5 a	27,8 a	88,5 b
22 + 4 ºC	262 a	273 a	33,8 a	39,6 b	23,8 a	70,8 b
29 días de cámara de frío (0 °C)	306 a	213 b	26,0 a	30,7 b	42,1 a	73,7 b
29 + temp. ambiente	343 a	303 a	26,5 a	25,4 a	57,2 a	80,6 b
29 + 4 ºC	309 a	216 b	23,3 a	31,8 b	34,8 a	68,4 b
Coeficiente de Variación (C.V)	Lsd = 55,94 CV = 11,92 Lsd = 12,42 CV = 13,66		Lsd = 4,03 CV = 7,47			

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

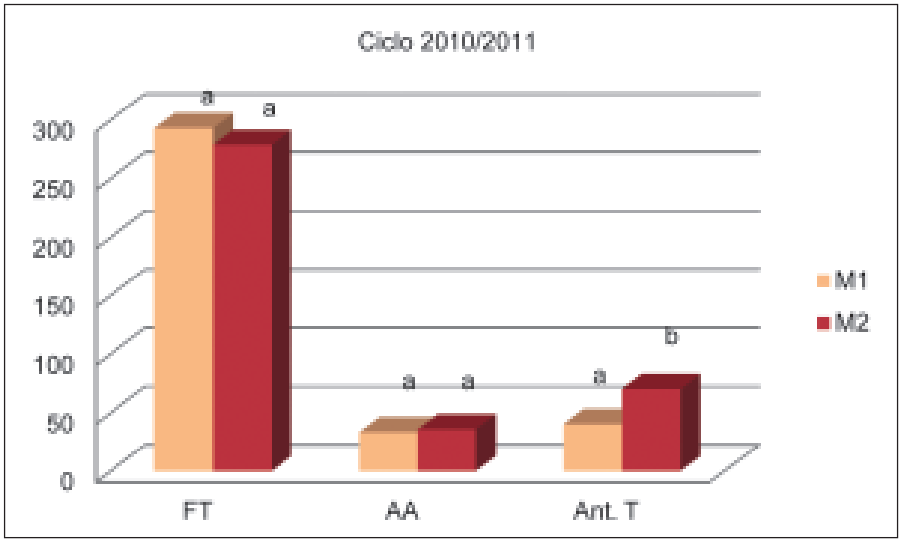


Figura 100. Misty. Efecto del estado de madurez sobre los niveles de fenoles totales (FT), actividad antioxidante (AA) y antocianinas totales (Ant. T) expresados en EAG o equivalente de ácido gálico, porcentaje de Inhibición de DPPH y mg /100 g de peso fresco, respectivamente.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

En el ciclo 2011/2012, como fue mencionado en párrafos anteriores, no se contó con suficiente fruta del estado M1, debido a una maduración muy uniforme. No obstante, se compararon ambos estados al momento de cosecha y al final del período de almacenamiento estipulado para este trabajo. Considerando el factor madurez, los datos obtenidos mostraron que la fruta de M1 presentó menores valores de fenoles totales, actividad antioxidante y antocianinas totales (Figura 101).

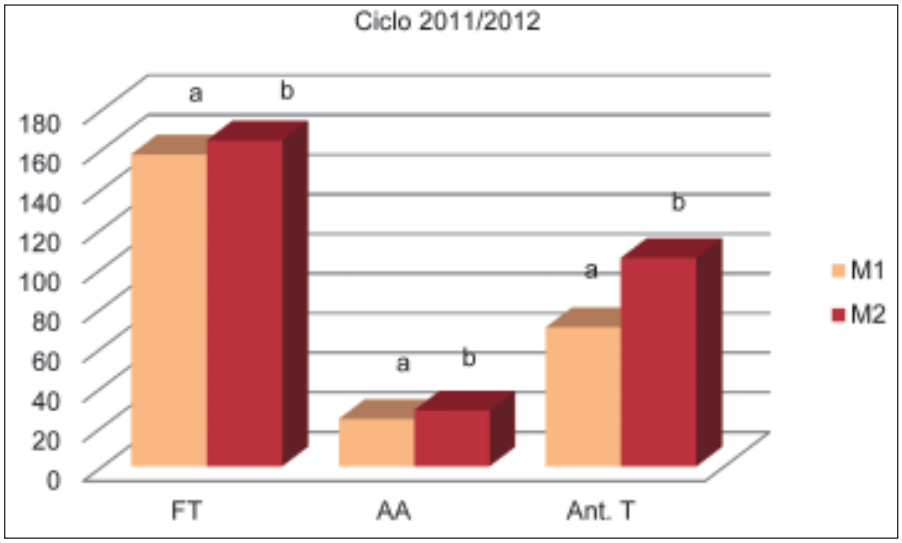


Figura 101. Misty. Efecto del estado de madurez sobre los niveles de fenoles totales (FT), actividad antioxidante (AA) y antocianinas totales (Ant. T) expresados en EAG o equivalente de ácido gálico, porcentaje de Inhibición de DPPH y mg /100 g de peso fresco, respectivamente.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

3.5.3 Variedad Emerald

La incidencia del factor madurez se reflejó en que los arándanos con madurez M2 presentaron niveles nutricionales superiores a los de M1, en el ciclo productivo 2010/2011. En tanto en el siguiente período de estudio o ciclo 2011/2012 las diferencias en el contenido de fenoles y actividad antioxidante, entre M1 y M2, no fueron estadísticamente significativas (Figura 102).

El destino de exportación incidió en forma diferente en los dos años del experimento. Así en el 2011, no se encontraron diferencias en el nivel nutricional de los arándanos con tratamiento de bromuro en poscosecha y los no sometidos al mismo, de acuerdo al protocolo de exportación con destino a USA y la UE, respectivamente. En tanto en 2012, la fruta bromurada, registró valores significativamente superiores de antocianinas totales.

En el ciclo 2010/2011, el efecto de la interacción madurez - almacenamiento mostró que los fenoles, actividad antioxidante y antocianinas totales aumentaron a medida que transcurrió el período poscosecha, siendo las diferencias más relevantes durante la vida de estante o temperatura ambiente (Cuadro 22).

En el ciclo 2011/2012, la interacción madurez y almacenamiento, reflejó que en los arándanos cosechados con M1 y M2, el contenido de fenoles aumentó al final del periodo de almacenamiento, siendo más relevan-

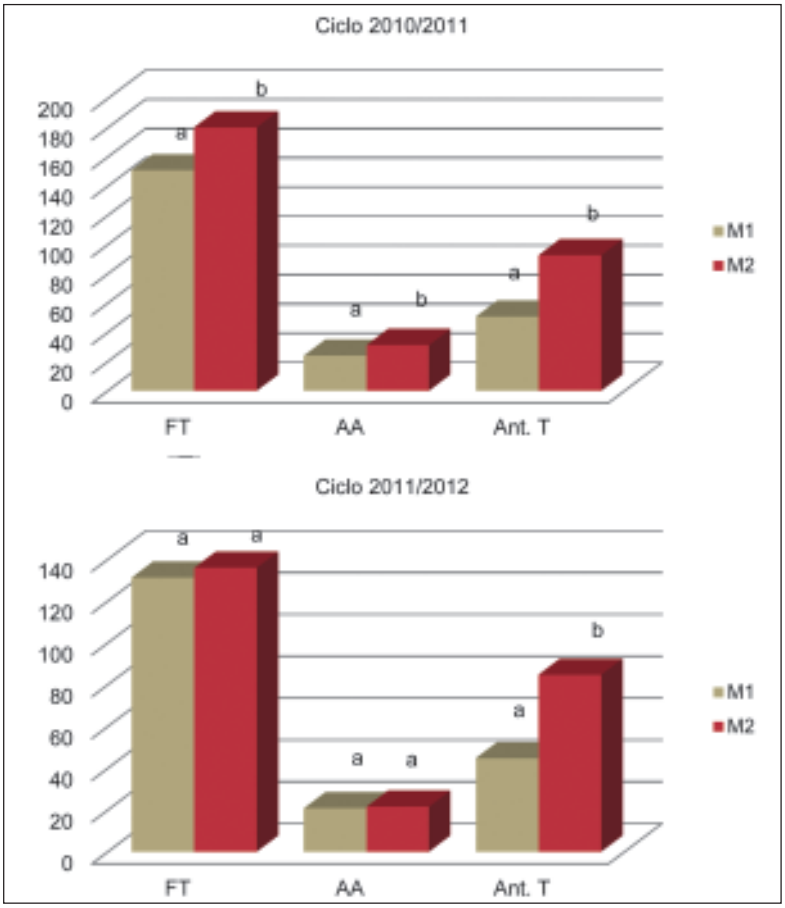


Figura 102. Emerald. Efecto del estado de madurez sobre los niveles de fenoles totales (FT), actividad antioxidante (AA) y antocianinas totales (Ant. T) expresados en EAG o equivalente de ácido gálico, porcentaje de Inhibición de DPPH y mg /100 g de peso fresco, respectivamente.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

Cuadro 22. Emerald 2010/2011. Efecto del estado de desarrollo y almacenamiento sobre los valores medios de fenoles totales, actividad antioxidante y antocianinas totales

Madurez	7 días	14 días	21 días	28 días	28 + temperatura ambiente
	Fenoles Totales (EAG o equivalente de ácido gálico) CV = 10,55 Lsd = 20,38				
M1	119 aA	121 aA	122 aA	181 aB	211 aC
M2	151 bA	140 aA	149 bA	218 bB	243 bC
	Actividad Antioxidante (Porcentaje de Inhibición de DPPH) CV = 9,96 Lsd = 3,20				
M1	14,7 aA	25,9 aB	26,1 aB	25,0 aB	28,2 aB
M2	22,2 bA	33,4 bB	34,1 bB	32,0 bB	34,0 bB
	Antocianinas Totales (mg/100 g de peso fresco) CV = 21,7 Lsd = 18,13				
M1	47,0 aA	43,7 aA	43,8 aA	52,1 aAB	66,6 aB
M2	77,1 bC	97,0 b AB	105,7 bA	82,2 bBC	100,7 bA

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

te a temperatura ambiente. La actividad antioxidante tendió a disminuir en la fruta, pero la de M2 recuperó los niveles a temperatura ambiente, luego de 29 días a 0 °C, comparados con los de cosecha. En ambos estados de desarrollo, los niveles de antocianinas aumentaron durante el almacenamiento, siendo más destacado en condiciones de temperatura ambiente (Cuadro 23).

3.5.4 Variedad Jewel

La incidencia del factor madurez se reflejó en que los arándanos con madurez M2 presentaron niveles nutricionales superiores en ambos ciclos productivos (Figura 103).

En el ciclo 2010/2011, la interacción de madurez y almacenamiento mostró que los arándanos, de ambos estados de desarrollo, aumentaron sus niveles de fenoles y

Cuadro 23. Emerald 2010/2011. Efecto del estado de desarrollo y almacenamiento sobre los valores medios de fenoles totales, actividad antioxidante y antocianinas totales

Madurez	Cosecha	15 días	25 días	29 día	29 + temperatura ambiente
	Fenoles Totales (EAG o equivalente de ácido gálico) CV = 6,57 Lsd = 10,3				
M1	124aA	122aA	125aAB	134aB	152aC
M2	133aA	125aA	145bB	160bC	170bC
	Actividad Antioxidante (Porcentaje de Inhibición de DPPH) CV =8,33 Lsd = 2,04				
M1	22,7aC	23,0bC	16,6aA	20,4aB	16,0aA
M2	27,7bC	17,6aA	18,0aA	22,7bB	26,3bC
	Antocianinas Totales (mg/100 g de peso fresco) CV = 7,92 Lsd = 6,03				
M1	38,6aA	42,4aA	43,0aA	55,4aB	69,8aC
M2	80,2bAB	88,9bB	79,8bA	90,0bB	110,7bC

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

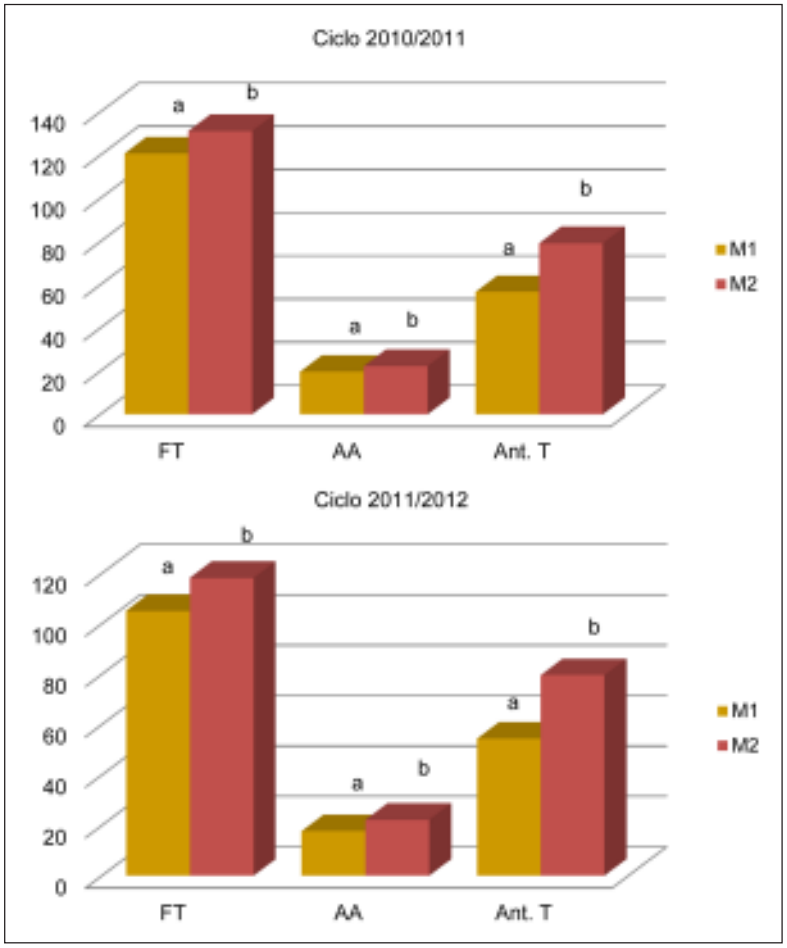


Figura 103. Jewel. Efecto del estado de madurez sobre los niveles de fenoles totales (FT), actividad antioxidante (AA) y antocianinas totales (Ant. T) expresados en EAG o equivalente de ácido gálico, porcentaje de Inhibición de DPPH y mg /100 g de peso fresco, respectivamente.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0,05, Lsd.

antocianinas durante el almacenamiento, siendo ese aumento más contundente en condiciones de temperatura ambiente. En tanto la actividad antioxidante disminuyó al final del período, pero recuperó los valores registrados a cosecha, en condiciones de temperatura ambiente (Cuadro 24).

En la zafra 2011/2012, ambos estados de desarrollo incrementaron los valores de los parámetros nutricionales desde la cosecha al final del almacenamiento (Cuadro 25).

3.5.5 Valor nutricional de O´Neal y Misty en AR y AM

En la variedad O´Neal y Misty, las frutas conservadas en condiciones de atmosfera regular y modificada, no presentaron diferencias en los niveles de fenoles totales y actividad antioxidante. En tanto, el nivel de antocianinas fue significativamente superior en la fruta de AR en relación a la de AM (Figuras 104 y 105).

Cuadro 24. Jewel 2010/2011. Incidencia del estado de desarrollo y almacenamiento sobre los valores medios de fenoles totales, actividad antioxidante y antocianinas totales

Madurez	7 días	14 días	21 días	28 días	28 días + temp. ambiente
	Fenoles Totales (EAG o equivalente de ácido gálico) CV = 8,04 Lsd = 11,81				
M1	93 aA	107 aB	117 aB	130 aC	156 aD
M2	106 bA	124 bB	124 aB	143 bC	160 aD
	Actividad Antioxidante (Porcentaje de Inhibición de DPPH) CV = 9,71 Lsd = 2,38				
M1	21,3 aB	19,1 aB	23,8 aA	11,3 aC	23,1 aAB
M2	25,7 bA	23,2 bB	25,7 aA	13,6 aC	23,3 aAB
	Antocianinas Totales (mg/100 g de peso fresco) CV = 15,83 Lsd = 12,54				
M1	40,5 aA	47,6 aAB	49,0 aAB	54,0 aB	92,0 aC
M2	78,6 bA	70,4 bA	78,2 bA	68,3 bA	100,6 aB

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

Cuadro 25. Jewel 2010/2011. Incidencia del estado de desarrollo y almacenamiento sobre los valores medios de fenoles totales, actividad antioxidante y antocianinas totales

Madurez	Cosecha	15 días	25 días	29 días	29 días + temp. ambiente
	Fenoles Totales (EAG o equivalente de ácido gálico) CV = 6,57 Lsd = 10,3				
M1	84aA	106aB	107aB	124aD	115aC
M2	95bA	117bB	125bC	136bD	137bD
	Actividad Antioxidante (Porcentaje de Inhibición de DPPH) CV =8,33 Lsd = 2,04				
M1	14,7aA	14,7aA	20,8bB	20,6aB	s/d
M2	24,8bC	23,7bBC	18,3aA	21,9aB	s/d
	Antocianinas Totales (mg/100 g de peso fresco) CV = 7,92 Lsd = 6,03				
M1	29,9aA	55,5aB	57,5aB	74,9aB	63,0aC
M2	65,8bA	80,2bB	86,2bB	86,1bB	100,3bC

Letras distintas dentro de cada fila (minúsculas) y columna (mayúsculas), para cada parámetro, representan diferencias significativas según test Lsd a $p \leq 0,05$.

3.5.6 Fibra dietaria o alimentaria total (FDT)

La fibra dietaria desempeña un importante rol en la disminución del riesgo a contraer desórdenes, tales como diabetes, divertículos, obesidad y enfermedades cardiovasculares (Spiller, 2001). Ha recibido especial atención por su potencial nutracéutico a través de estudios que la vinculan con la reducción de colesterol y diabetes (Telrandhe *et al.,* 2012). No es hidrolizada por las enzimas del tracto digestivo humano, pero puede ser digerida por la microflora intestinal. Las propiedades funcionales de la fibra han conducido a trabajos para conocer los productos derivados de su capacidad de fermentación y el efecto beneficioso de los mismos, a nivel de colon (E. Valencia G., María O. Román M., 2004). El incremento del consu-

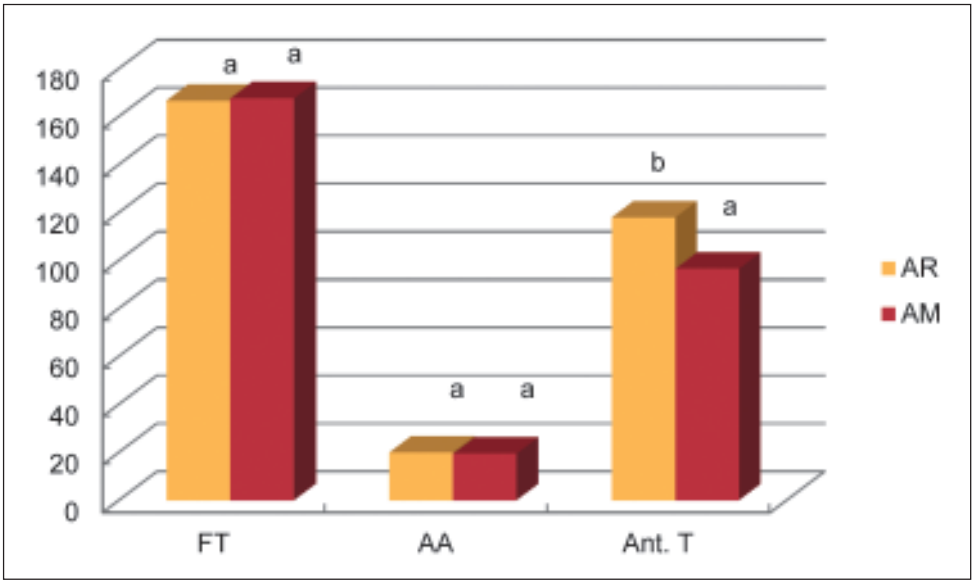


Figura 104. O´Neal. Efecto del sistema de almacenamiento sobre los niveles de fenoles totales (FT), actividad antioxidante (AA) y antocianinas totales (Ant. T) expresados en EAG o equivalente de ácido gálico, porcentaje de Inhibición de DPPH y mg/100 g de peso fresco, respectivamente.

AR - Atmósfera Regular; AM - Atmósfera Modificada.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0;05, Lsd.

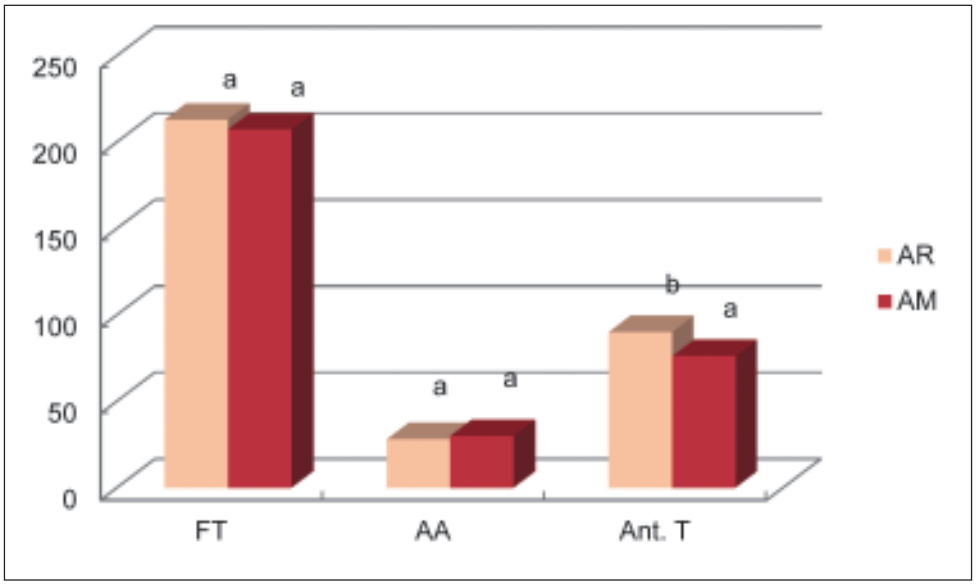


Figura 105. Misty. Efecto del sistema de almacenamiento sobre los niveles de fenoles totales (FT), actividad antioxidante (AA) y antocianinas totales (Ant. T) expresados en EAG o equivalente de ácido gálico, porcentaje de Inhibición de DPPH y mg/100 g de peso fresco, respectivamente.

AR - Atmósfera Regular; AM - Atmósfera Modificada.

Letras distintas entre barras, difieren significativamente al nivel p≤0;05, Lsd.

mo de fibra, debido en parte a las recomendaciones de organismos internacionales, condujo a que la industria ofreciera alimentos enriquecidos en fibra y/o conjuntamente con otros compuestos (Milo, 2004). Todos los componentes de la fibra dietaria (celulosa, hemicelulosa, lignina, pectina, gomas y muscilagos), son los constituyentes principales de la pared celular de los vegetales (Selvendran y MacDougall, 1995) y de acuerdo a su solubilidad en agua, la fibra dietaria total (FDT) se clasifica en soluble e insoluble (Schweitzer y Edwards,1992).

Durante el desarrollo de los frutos y en poscosecha la cantidad y calidad de la fibra dietaria está regulada por la intensidad de las reacciones bioquímicas, así como por la clase de enzimas que actúan a nivel de pared celular. La fibra dietaria difiere entre especies, variedades e incluso dentro del mismo fruto, como por ejemplo piel y pulpa. También, y debido a los procesos enzimáticos involucrados, es influenciada por la temperatura, condiciones y períodos de almacenamiento. Se ha reportado que en naranjas mantenidas en la planta hubo un aumento de la expresión genética responsable de la actividad de la poligalacturonasa, lo cual optimizó el contenido de fibra en comparación con naranjas almacenadas en cámara (Tao Dong, *et al.,* 2008). En tanto en manzanas mantenidas en condiciones de atmósfera controlada no se observaron cambios en la cantidad y calidad de la fibra al final del almacenamiento. En cebollas se ha observado incrementos en los componentes de la fibra durante la poscosecha, principalmente de ácido urónico, constituyente de los polisacáridos pécticos (Marlett, 2000). La calidad de la fibra es un elemento muy importante, principalmente en hortalizas como coliflor, espárrago y brócoli, relacionada a la modificación de su composición, principalmente por la deposición de lignina, celulosa y hemicelulosa, lo cual hace que disminuya la calidad comercial del producto (Rodríguez *et al.,* 1999).

Los beneficios comprobados de la FDT para la alimentación humana, ha originado que en el presente trabajo, se planteara conocer la composición de los arándanos en relación a la misma y cómo es afectada por el almacenamiento poscosecha. A continuación se discutirán, para una mejor comprensión, los valores obtenidos en base húmeda.

En la variedad O´Neal, en los arándanos cosechados con M1, el porcentaje de FDT aumentó, luego de la cosecha (2,81%), durante el almacenamiento a 0 °C, pero sin diferencias entre los 15, 22 y 29 días poscosecha (3,18, 3,13 y 3,09% respectivamente). En condiciones de temperatura ambiente, los valores fueron generalmente superiores a los registrados a 0 °C (3,68, 2,69, 3,61 y 3,31%), pero las diferencias entre sí, no fueron contrastables.

En los arándanos cosechados con M2, el mayor valor obtenido fue al momento de cosecha (3,38%). Este valor descendió durante los sucesivos períodos en que la fruta permaneció en cámara (2,60, 2,41 y 2,78%). Cuando los mismos fueron sometidos a condiciones de temperatura ambiente, los valores de FDT fueron similares entre la fruta de cosecha (2,98%) y aquella que provino del almacenamiento refrigerado (3,06 y 3,20%) (Cuadro 26).

Considerando la incidencia del factor madurez, los arándanos cosechados con M1 y M2, registraron valores de 3,18 y 2,91% de FDT en base húmeda, respectivamente. Estas diferencias, a pesar del mayor valor en M1, estadísticamente no fueron significativas.

En la variedad Misty, los arándanos cosechados con M1, presentaron el menor valor de FDT, al momento de cosecha (2,04%). Durante los posteriores almacenamientos a 0 °C, el porcentaje de FDT se incrementó a 2,12, 2,48 y 2,77%, durante los 15, 22 y 29 días poscosecha, respectivamente. El mayor valor estadísticamente significativo, en relación a cosecha, fue registrado en los frutos a los 29 días de cámara (2,77%). En condiciones de temperatura ambiente, el menor valor continuó siendo el inmediato a la cosecha (1,61 %), siendo superiores y estadísticamente significativos los de la fruta proveniente del almacenamiento durante 15 y 22 días (2,72 y 2,92 % respectivamente).

Los arándanos cosechados con estado de desarrollo M2, registraron a cosecha 2,23% de FDT en base húmeda. Durante los perío-

Cuadro 26. O´Neal. Contenido de fibra dietaria o alimentaria total (FDT) en base húmeda y base seca, en relación a la madurez de cosecha (M1 y M2), luego de 15, 22 y 29 días de almacenamiento a 0 °C, seguidos de dos días a temperatura ambiente

Tratamiento	Fibra % en base húmeda	Fibra % en base seca	Humedad %
	M1		
Cosecha	2,81 ± 0,06 a	19,41 ± 0,40 a	85,54
15 días a 0 °C	3,18 ± 0,06 b	22,35 ± 0,40 b	85,76
22 días a 0 °C	3,13 ± 0,06 b	19,61 ± 0,40 a	84,02
29 días a 0 °C	3,09 ± 0,05 a,b	20,11 ± 0,33 a	84,65
Cosecha + 2 días a temp. ambiente	3,68 ± 0,09 b	19,64 ± 0,53 a	81,26
15 días + 2 días a temp. ambiente	2,69 ± 0,09 a	18,10 ± 0,53 a	85,13
22 días + 2 días a temp. ambiente	3,61 ± 0,09 b	22,36 ± 0,53 b	83,86
29 días + 2 días a temp. ambiente	3,31 ± 0,07 b	20,20 ± 0,44 ab	83,62
	M2		
Cosecha	3,38 ± 0,08 c	20,47 ± 0,52 b	83,48
15 días a 0 °C	2,60 ± 0,08 ab	16,75 ± 0,52 a	84,47
22 días a 0 °C	2,41 ± 0,07 a	15,14 ± 0,43 a	84,09
29 días a 0 °C	2,78 ± 0,07 b	17,36 ± 0,43 a	83,99
Cosecha + 2 días a temp. ambiente	2,98 ± 0,14 a	s/d	s/d
15 días + 2 días a temp. ambiente	3,06 ± 0,14 a	18,86 ± 0,84 a	84,22
22 días + 2 días a temp. ambiente	3,20 ± 0,12 a	18,44 ± 0,84 a	83,41
29 días + 2 días a temp. ambiente	s/d	17,98 ± 0,68 a	82,21

Letras distintas significan valores estadísticamente diferentes para $p \leq 0,05$, dentro de cada estado de desarrollo y en condiciones de almacenamiento (0 °C y prolongación con dos días a temperatura ambiente). s/d: sin datos.

dos a 0 °C de 15, 22 y 29 días aumentó el porcentaje a 2,27, 2,37 y 3,10% respectivamente, siendo este último estadísticamente superior a los anteriores. Cuando los frutos fueron colocados dos días en condiciones de temperatura ambiente, el menor valor correspondió al de cosecha (1,68%). En los frutos provenientes de 15, 22 y 29 días de frío, los valores de 3,00, 2,59 y 2,94% respectivamente fueron estadísticamente superiores a los provenientes de la cosecha, pero similares entre sí (Cuadro 27).

El factor madurez no incidió en los valores de FDT entre los arándanos cosechados con diferentes estados de desarrollo. En los frutos correspondientes a M1 el porcentaje fue de 2,38% y en los de M2 fue de 2,52%, siendo estadísticamente similares.

3.6 Perfil de antocianinas

Las antocianinas son los componentes que otorgan a las plantas colores rojos, azules, morados, particularmente en partes como frutos, flores y hojas. Estos pigmentos fueron consumidos por el hombre a lo largo de generaciones, sin conocer específicamente cuál podía estar siendo su efecto. Sin embargo, numerosos estudios de las últimas décadas han demostrado que pueden mejorar la agudeza visual, mostrar actividad antioxidante, atrapar radicales y actuar como agentes quimioprotectores. Las antocianinas también juegan un papel en las propiedades antidiabéticas tales como control de lípidos, secreción de insulina y efectos vasoprotectivos (Shipp y Abdel-Aal, 2010). Actualmente el interés por las antocianinas se ha incrementado debido a su potencial empleo como colorantes naturales, por su inocuidad y por sus comprobados beneficios para la salud. Últimamente, la seguridad de los pigmentos sintéticos ha sido cuestionada, conduciendo a la reducción en el número de colorantes permitidos en la industria alimentaria (Heinonen M., 2007; Ogawa K., 2008), lo

Cuadro 27. Misty. Contenido de fibra dietaria o alimentaria total (FDT/FAT) en base húmeda y base seca, en relación a la madurez de cosecha (M1 y M2), luego de 15, 22 y 29 días de almacenamiento a 0 °C, seguidos de dos días a temperatura ambiente

Tratamiento	Fibra % en base húmeda	Fibra % en base seca	Humedad %
	M1		
Cosecha	2,04 ± 0,07 a	12,74 ± 0,45 a	83,99
15 días a 0 °C	2,12 ± 0,07 a,b	13,95 ± 0,45 a,b	84,82
22 días a 0 °C	2,48 ± 0,07 b,c	14,82 ± 0,45 a,b	83,24
29 días a 0 °C	2,77 ± 0,07 c	16,32 ± 0,45 b	s/d
Cosecha + 2 días a temp. ambiente	1,61 ± 0,016 a	13,97 ± 0,95 a	88,46
15 días + 2 días a temp. ambiente	2,72 ± 0,016 b	16,72 ± 0,95 a	83,72
22 días + 2 días a temp. ambiente	2,92 ± 0,016 b	17,18 ± 0,95 a	83,02
29 días + 2 días a temp. ambiente	s/d	s/d	s/d
	M2		
Cosecha	2,23 ± 0,07 a	14,06 ± 0,41 a	84,10
15 días a 0 °C	2,27 ± 0,07 a	13,85 ± 0,41 a	83,59
22 días a 0 °C	2,37 ± 0,07 a	13,56 ± 0,41 a	82,56
29 días a 0 °C	3,10 ± 0,07 b	17,29 ± 0,41 b	82,06
Cosecha + 2 días a temp. ambiente	1,68 ± 0,06 a	15,17 ± 0,35 a	88,95
15 días + 2 días a temp. ambiente	3,00 ± 0,06 c	16,34 ± 0,35 a	81,63
22 días + 2 días a temp. ambiente	2,59 ± 0,06 b	14,62 ± 0,35 a	82,29
29 días + 2 días a temp. ambiente	2,94 ± 0,06 bc	15,91 ± 0,35 a	81,54

Letras distintas significan valores estadísticamente diferentes para $p \leq 0,05$, dentro de cada estado de desarrollo y en condiciones de almacenamiento (0 °C y prolongación con dos días a temperatura ambiente).
s/d: sin datos.

cual refuerza el interés por las antocianinas naturales.

Las antocianinas (del griego *anthos* que sinifica flor y de *kyanos*: azul) pertenecen a un amplio grupo de metabolitos secundarios, que se conocen colectivamente como flavonoides. Las antocianinas reportadas hasta el momento se diferencian en el número de hidroxilos (-OH) y metilos ($-CH_3$), la naturaleza y número de los azúcares unidos en la molécula, la posición de estas uniones y la naturaleza y número de ácidos alifáticos o aromáticos unidos al azúcar. Las antocianinas naturales más comunes son las 3-O-glucósidos y las 3,5 di-O-glucósidos. A pesar de esta gran variación estructural las antocianinas poseen dos partes bastante diferenciadas: 1) la aglicona o antocianidina que es la base de la antocianina, pero sin glúcido o azúcar y 2) los glúcidos y otros grupos funcionales. En las plantas superiores normalmente se encuentran seis antocianidinas o agliconas: pelargonidina (Pg) peonidina (Pn), cianidina (Cy), malvidina (Mv), petunidina (Pt) y delfinidina (Dp) (Del Carpio Jimenez C. *et al.,* 2009).

3.6.1. O´Neal

En el ciclo 2010/2011 hubo una disminución de los compuestos derivados de delfinidina y un aumento de los de malvidina a medida que transcurrió el período de almacenamiento refrigerado. En tanto los derivados de petunidina, en ambos estados de desarrollo, no experimentaron variaciones importantes en el período considerado. Por otra parte los derivados de cianidina y peonidina, ambos en bajos porcentajes dentro del perfil, tuvieron una tendencia a descender con el transcurso del almacenamiento en frío (Figura 106).

En condiciones de temperatura ambiente, al final del período, los arándanos cose-

chados con M1 lograron niveles superiores de malvidinas que los de M2. Ello se debió a que estos últimos disminuyeron los porcentajes de este pigmento en los consecutivos almacenamientos a temperatura ambiente. A su vez, los compuestos de petunidina mantuvieron los porcentajes registrados en cosecha (Figura 107).

En el ciclo 2011/2012 también descendieron los compuestos de delfinidina y aumentaron los de malvidinas durante la poscosecha, en ambos estados de desarrollo. Los derivados de petunidina no experimentaron variaciones importantes durante el lapso considerado anteriormente. En condiciones de temperatura ambiente, luego de 29 días, se observó el menor valor de delfinidina y el mayor de malvidina, en los arándanos cosechados con M1, igualando a los frutos cosechados con M2 (Figura 108).

Considerando el factor madurez, en ambos ciclos, los arándanos con madurez M1 presentaron menores concentraciones de compuestos derivados de malvidinas y mayores porcentajes de los derivados de delfinidinas que los de M2, en tanto fueron similares en relación a los de petunidinas (Figuras 109 y 110).

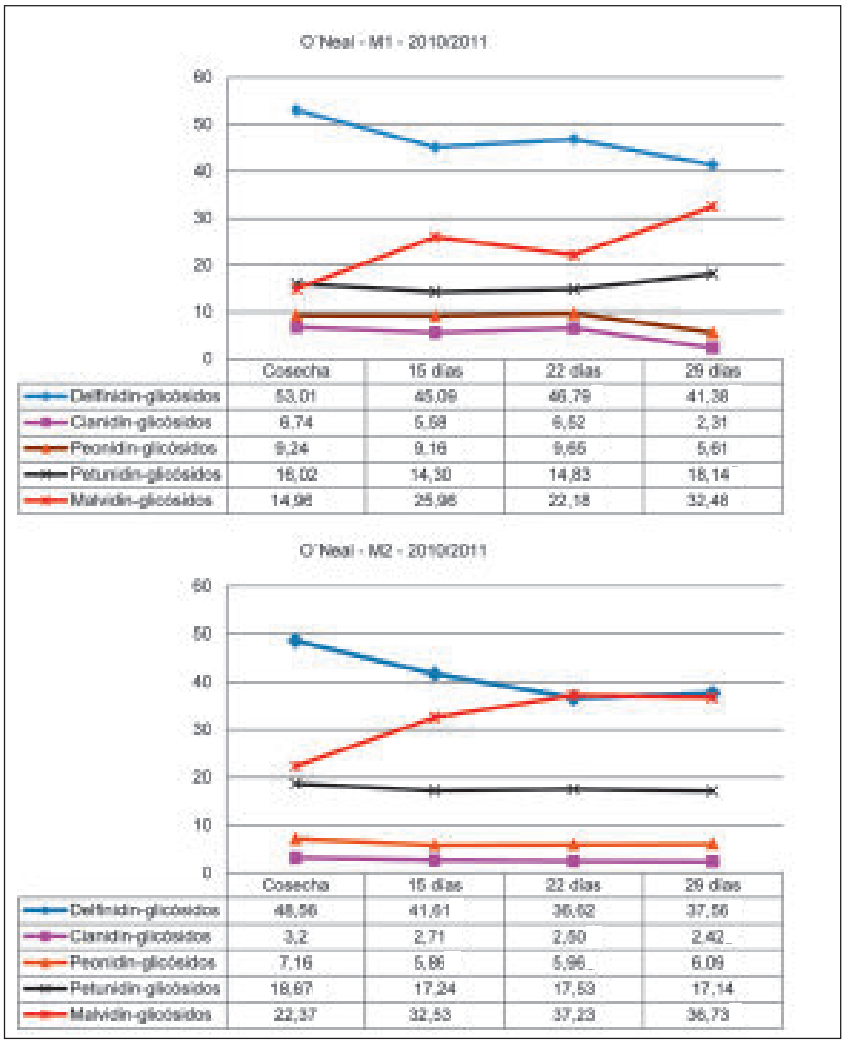
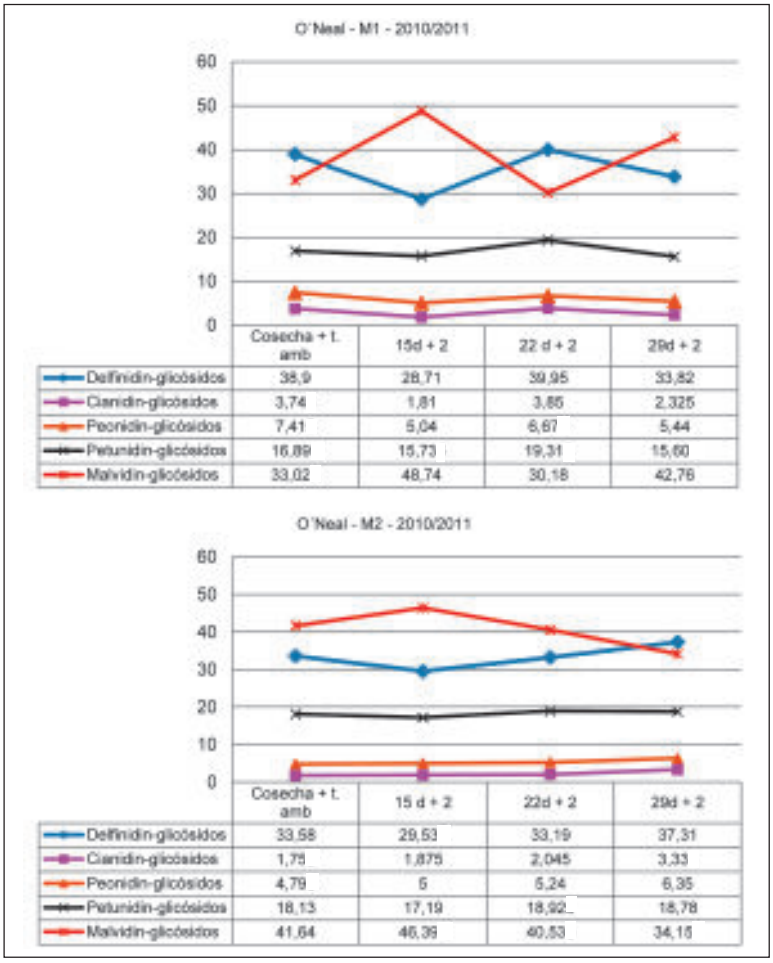


Figura 106. O´Neal - Composición de pigmentos al momento de cosecha, 15, 22 y 29 días a 0 °C en arándanos cosechados con madurez M1 y M2.



	Cosecha + t. amb	15d + 2	22 d + 2	29d + 2
Delfinidin-glicósidos	38,9	28,71	39,95	33,82
Cianidin-glicósidos	3,74	1,81	3,86	2,325
Peonidin-glicósidos	7,41	5,04	6,67	5,44
Petunidin-glicósidos	16,89	15,73	19,31	15,60
Malvidin-glicósidos	33,02	48,74	30,18	42,76

	Cosecha + t. amb	15 d + 2	22d + 2	29d + 2
Delfinidin-glicósidos	33,58	29,53	33,19	37,31
Cianidin-glicósidos	1,75	1,875	2,045	3,33
Peonidin-glicósidos	4,79	5	5,24	6,35
Petunidin-glicósidos	18,13	17,19	18,92	18,78
Malvidin-glicósidos	41,64	46,39	40,53	34,16

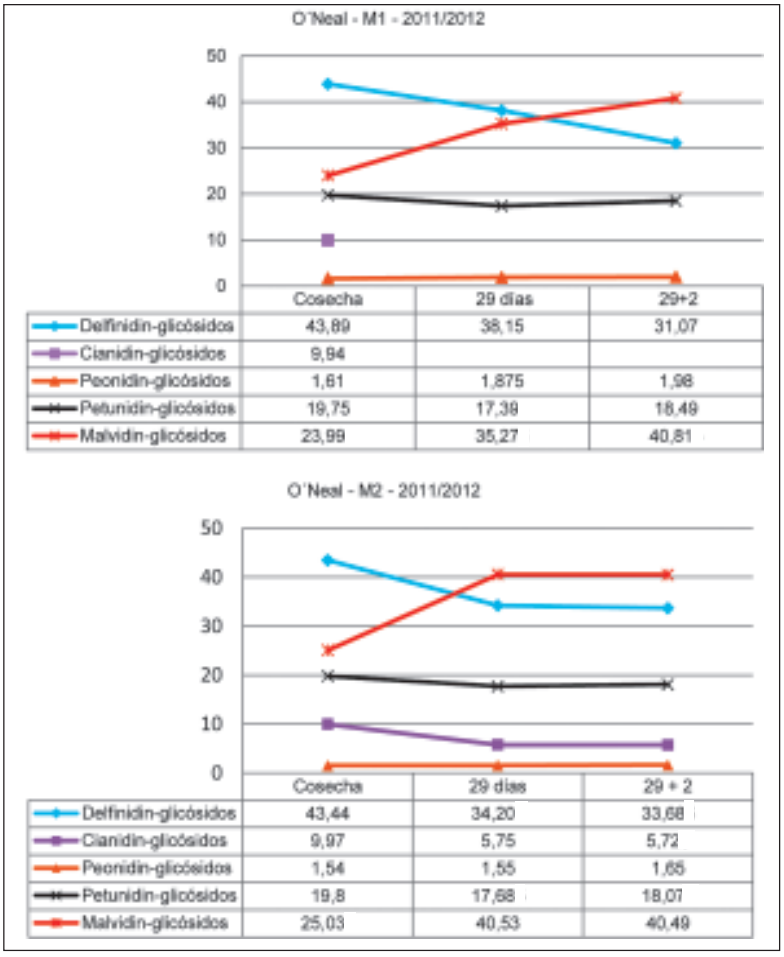
Figura 107. O´Neal. Composición de pigmentos luego de dos días a temperatura ambiente inmediatos a cosecha y de 15, 22 y 29 días a 0 °C de arándanos cosechados con madurez M1 y M2.

3.6.2 Misty

En el ciclo 2010/2011, durante el almacenamiento a 0 °C, disminuyeron las concentraciones de delfinidinas y aumentaron las de malvidinas, en ambos estados de desarrollo. A su vez los porcentajes de estas últimas fueron similares entre los frutos de M1 y M2, luego de 29 días de cámara (Figura 111).

En condiciones de temperatura ambiente, los frutos con estado de desarrollo M1 presentaron valores superiores de delfinidinas y menores de malvidinas al final del período poscosecha, comparado con los registrados inmediato a la cosecha. En tanto en los frutos de M2, para el mismo período, las diferencias fueron menos evidentes. Los derivados de cianidinas, peonidinas y petunidinas, prácticamente no experimentaron cambios durante todo el ciclo cosecha - poscosecha, a temperatura ambiente (Figura 112).

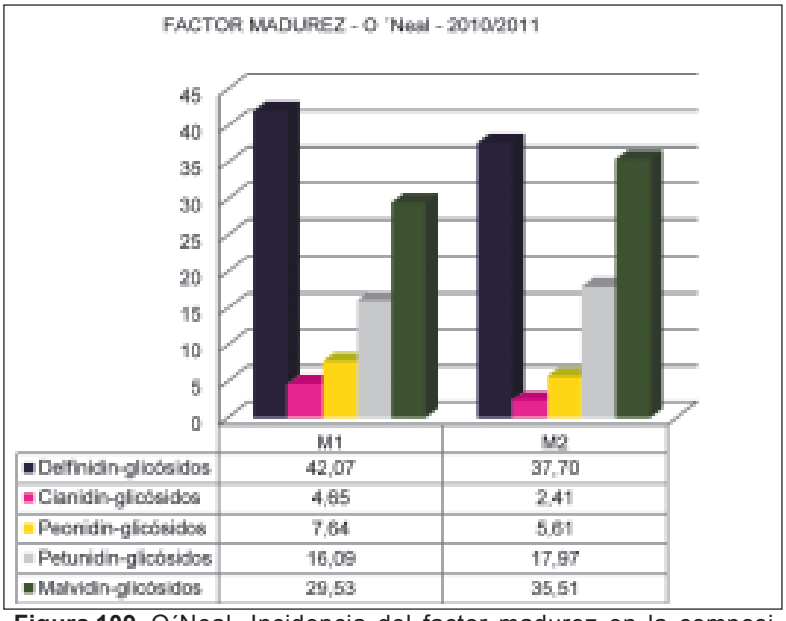
En el período 2011/2012 en la fruta cosechada con M1, disminuyeron los derivados de delfinidina, cianidinas y aumentaron los de malvidina a temperatura ambiente. En los arándanos de M2, la disminución y aumento más importante ocurrió en los niveles de delfinidinas y malvidinas, respectivamente, inmediato a la cosecha. A su vez, al final del período poscosecha (29 + 2 días) ambos estados de desarrollo presentaron valores similares de ambos pigmentos (Figura 113).



	Cosecha	29 días	29+2
Delfinidin-glicósidos	43,89	38,15	31,07
Cianidin-glicósidos	9,94		
Peonidin-glicósidos	1,61	1,875	1,98
Petunidin-glicósidos	19,75	17,38	18,49
Malvidin-glicósidos	23,99	35,27	40,81

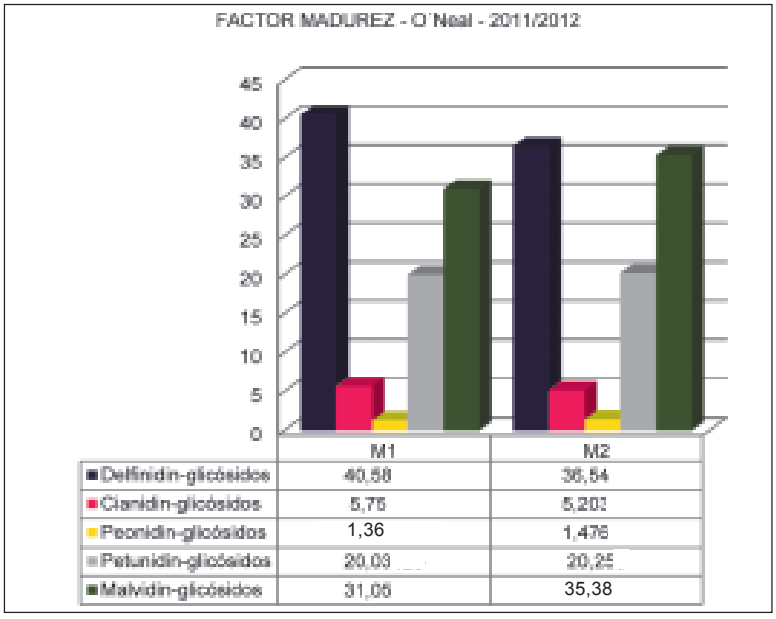
	Cosecha	29 días	29 + 2
Delfinidin-glicósidos	43,44	34,20	33,68
Cianidin-glicósidos	9,97	5,75	5,72
Peonidin-glicósidos	1,54	1,55	1,65
Petunidin-glicósidos	19,8	17,68	18,07
Malvidin-glicósidos	25,03	40,53	40,49

Figura 108. O´Neal. Composición de pigmentos a la cosecha, 29 días a 0 °C y luego de dos días a temperatura ambiente.



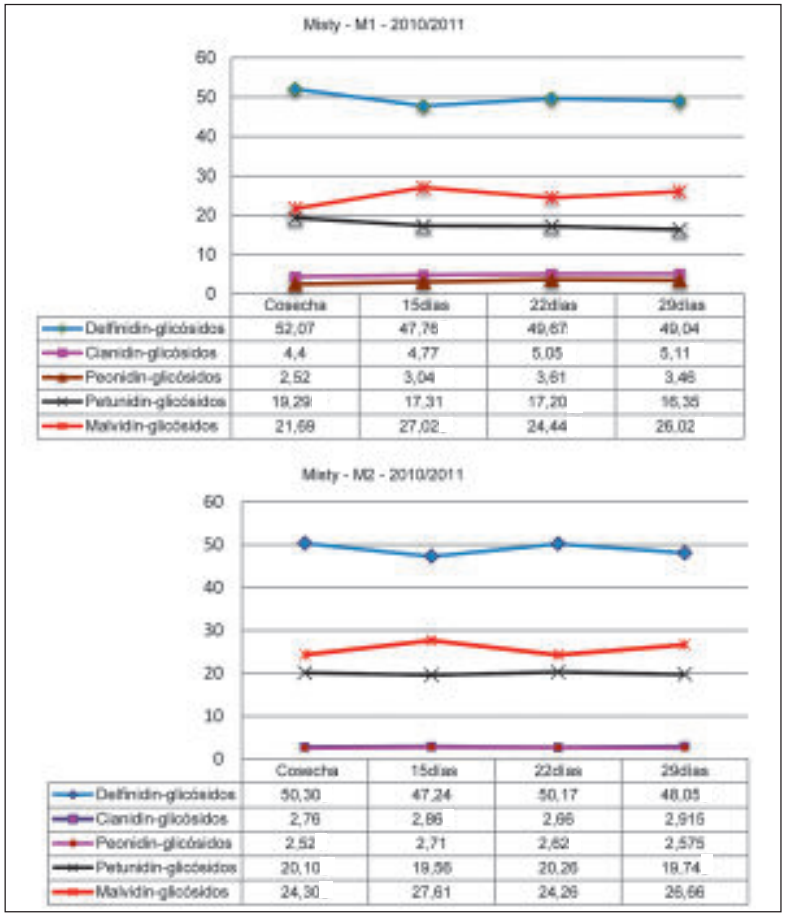
	M1	M2
Delfinidin-glicósidos	42,07	37,70
Cianidin-glicósidos	4,85	2,41
Peonidin-glicósidos	7,64	5,61
Petunidin-glicósidos	16,09	17,97
Malvidin-glicósidos	29,53	35,51

Figura 109. O´Neal. Incidencia del factor madurez en la composición de pigmentos.



	M1	M2
Delfinidin-glicósidos	40,58	36,54
Cianidin-glicósidos	5,76	5,202
Peonidin-glicósidos	1,36	1,476
Petunidin-glicósidos	20,03	20,25
Malvidin-glicósidos	31,05	35,38

Figura 110. O´Neal. Incidencia del factor madurez en la composición de pigmentos.



	Cosecha	15días	22días	29días
Delfinidin-glicósidos	52,07	47,76	49,67	49,04
Cianidin-glicósidos	4,4	4,77	5,05	5,11
Peonidin-glicósidos	2,52	3,04	3,61	3,46
Petunidin-glicósidos	19,29	17,31	17,20	16,35
Malvidin-glicósidos	21,69	27,02	24,44	26,02

	Cosecha	15días	22días	29días
Delfinidin-glicósidos	50,30	47,24	50,17	48,05
Cianidin-glicósidos	2,76	2,86	2,66	2,916
Peonidin-glicósidos	2,52	2,71	2,62	2,575
Petunidin-glicósidos	20,10	19,56	20,26	19,74
Malvidin-glicósidos	24,30	27,61	24,26	26,66

Figura 111. Misty. Composición de pigmentos al momento de cosecha, 15, 22 y 29 días a 0 °C en arándanos cosechados con madurez M1 y M2.

	Cosecha + t. amb	15d + 2	22d + 2	29d + 2
Delfinidin-glicósidos	35,91	39,31	45,49	38,53
Cianidin-glicósidos	1,96	2,99	3,26	2,71
Peonidin-glicósidos	2,52	2,75	2,92	2,44
Petunidin-glicósidos	17,37	19,63	20,08	19,92
Malvidin-glicósidos	42,13	35,26	28,23	35,35

	Cosecha + t. amb	15d+ 2	22d + 2	29d + 2
Delfinidin-glicósidos	43,36	40,28	39,23	42,33
Cianidin-glicósidos	2,84	1,8	2,37	2,15
Peonidin-glicósidos	2,5	2,34	2,57	2,43
Petunidin-glicósidos	19,71	19,17	21	19,85
Malvidin-glicósidos	31,55	35,36	34,8	33,19

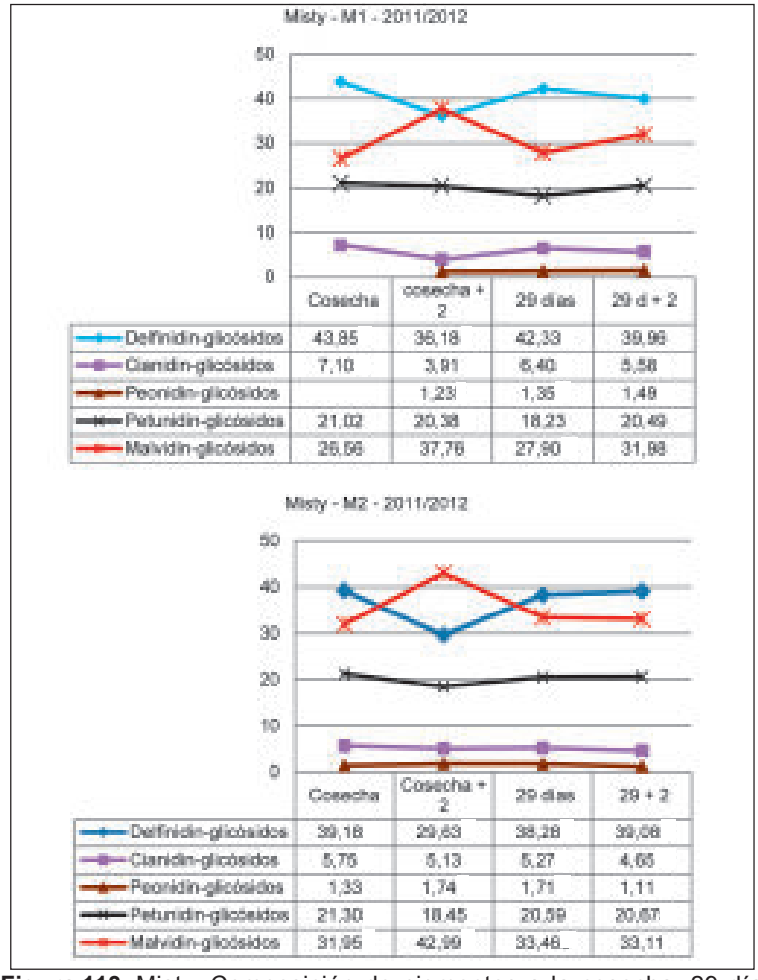
Figura 112. Misty. Composición de pigmentos luego de dos días a temperatura ambiente inmediatos a cosecha, 15, 22 y 29 días a 0 °C de arándanos cosechados con madurez M1 y M2 .

El factor madurez mostró diferencias de valores entre los ciclos productivos, pero en ambos, las concentraciones de compuestos derivados de malvidina, delfinidina y petunidina fueron similares entre los arándanos con madurez M1 y los con madurez M2 (Figuras 114 y 115).

3.6.3 Emerald

En el ciclo 2010/2011, en la fruta destinada al mercado de USA (bromurada), y a la UE (no bromurada), para ambos estados de desarrollo se observó una disminución de los derivados de delfinidina y un aumento de los glicosidados de malvidinas a partir de la cosecha. Las concentraciones más altas de estos últimos se observaron en la fruta de M2, luego de estar en condiciones de temperatura ambiente. Las cianidinas y peonidinas, en menor porcentaje, en todos los casos estudiados, no siguieron una tendencia de aumento o disminución claras. En tanto las petunidinas continuaron siendo estables desde la cosecha al final del almacenamiento (Figuras116 y 117).

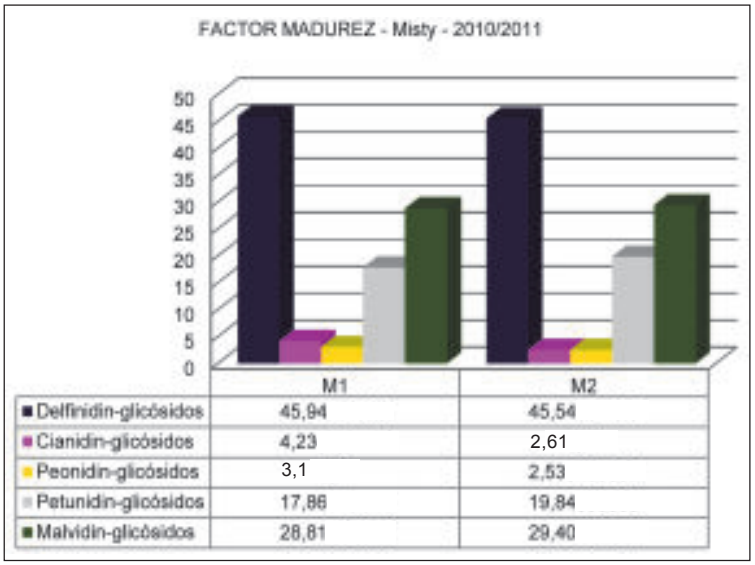
En el ciclo 2011/2012, en los arándanos cosechados con M1 y para ambos destinos, se observó un descenso de delfinidinas y un aumento de malvidinas, a partir de la cosecha. En tanto en los arándanos cosechados con M2, para ambos destinos, no existieron cambios contrastables de delfinidinas y malvidinas a partir de la cosecha. El resto



	Cosecha	cosecha + 2	29 días	29 d + 2
Delfinidin-glicósidos	43,85	36,18	42,33	39,96
Cianidin-glicósidos	7,10	3,91	6,40	5,58
Peonidin-glicósidos		1,23	1,35	1,49
Petunidin-glicósidos	21,02	20,38	18,23	20,49
Malvidin-glicósidos	26,56	37,76	27,90	31,98

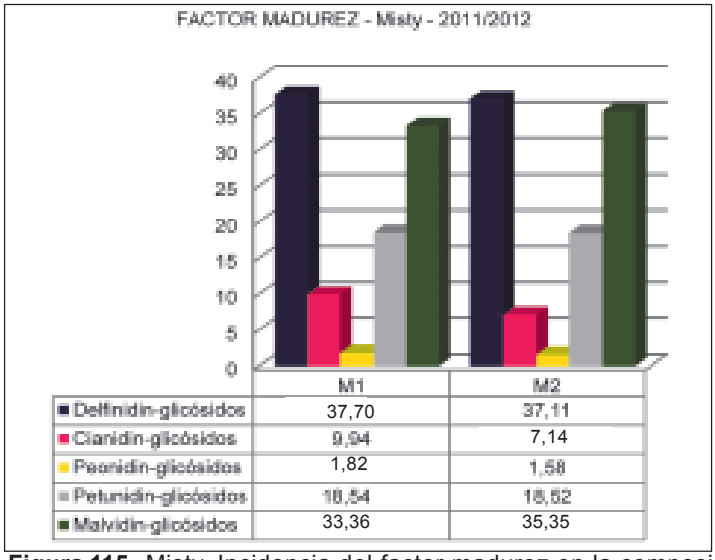
	Cosecha	Cosecha + 2	29 días	29 + 2
Delfinidin-glicósidos	39,18	29,63	38,28	39,06
Cianidin-glicósidos	5,75	5,13	5,27	4,65
Peonidin-glicósidos	1,33	1,74	1,71	1,11
Petunidin-glicósidos	21,30	18,45	20,59	20,67
Malvidin-glicósidos	31,95	42,99	33,46	33,11

Figura 113. Misty. Composición de pigmentos a la cosecha, 29 días a 0 °C y luego de dos días a temperatura ambiente.



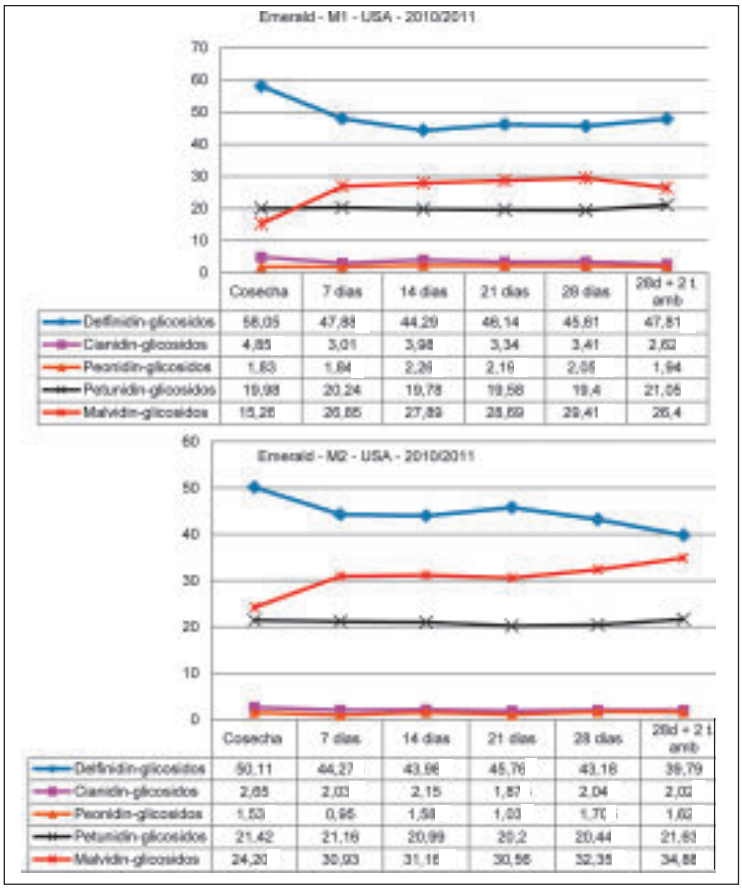
	M1	M2
Delfinidin-glicósidos	45,94	45,54
Cianidin-glicósidos	4,23	2,61
Peonidin-glicósidos	3,1	2,53
Petunidin-glicósidos	17,86	19,84
Malvidin-glicósidos	28,81	29,40

Figura 114. Misty. Incidencia del factor madurez en la composición de pigmentos.



	M1	M2
Delfinidin-glicósidos	37,70	37,11
Cianidin-glicósidos	9,94	7,14
Peonidin-glicósidos	1,82	1,58
Petunidin-glicósidos	18,54	18,52
Malvidin-glicósidos	33,36	35,35

Figura 115. Misty. Incidencia del factor madurez en la composición de pigmentos.



	Cosecha	7 días	14 días	21 días	28 días	28d + 2 t amb
Delfinidin-glicosidos	58,05	47,88	44,29	46,14	45,61	47,81
Cianidin-glicosidos	4,85	3,01	3,98	3,34	3,41	2,62
Peonidin-glicosidos	1,83	1,84	2,26	2,19	2,05	1,94
Petunidin-glicosidos	19,98	20,24	19,78	19,58	19,4	21,05
Malvidin-glicosidos	15,26	26,85	27,89	28,69	29,41	26,4

	Cosecha	7 días	14 días	21 días	28 días	28d + 2 t amb
Delfinidin-glicosidos	50,11	44,27	43,96	45,76	43,16	39,79
Cianidin-glicosidos	2,65	2,03	2,15	1,87	2,04	2,03
Peonidin-glicosidos	1,53	0,95	1,58	1,03	1,70	1,62
Petunidin-glicosidos	21,42	21,16	20,99	20,2	20,44	21,63
Malvidin-glicosidos	24,20	30,93	31,16	30,56	32,35	34,88

Figura 116. Emerald. Composición de pigmentos al momento de cosecha, 7, 14, 21, 28 días 0 °C y luego de dos días a temperatura ambiente (28 d + t. amb.), en arándanos cosechados con madurez M1 y M2 y manejados para ser comercializados en Estados Unidos (USA), con aplicación de bromuro de metilo en poscosecha.

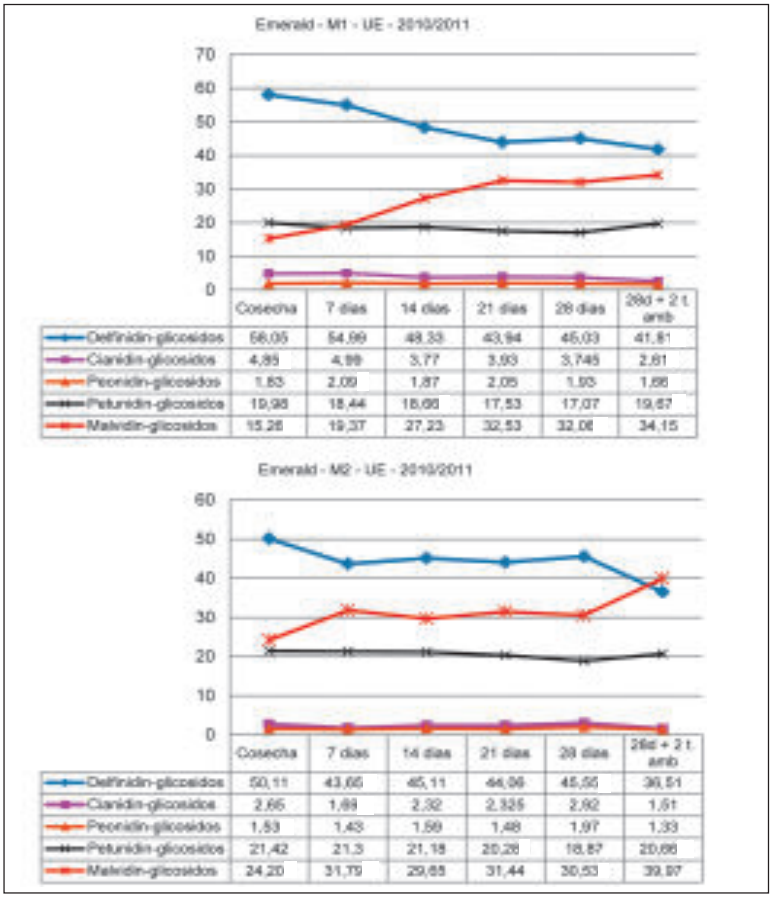


Figura 117. Emerald. Composición de pigmentos al momento de cosecha, 7, 14, 21, 28 días 0 °C y luego de dos días a temperatura ambiente (28 d + t. amb.), en arándanos cosechados con madurez M1 y M2 y manejados para ser comercializados en la Unión Europea (UE), sin aplicación de bromuro de metilo en poscosecha.

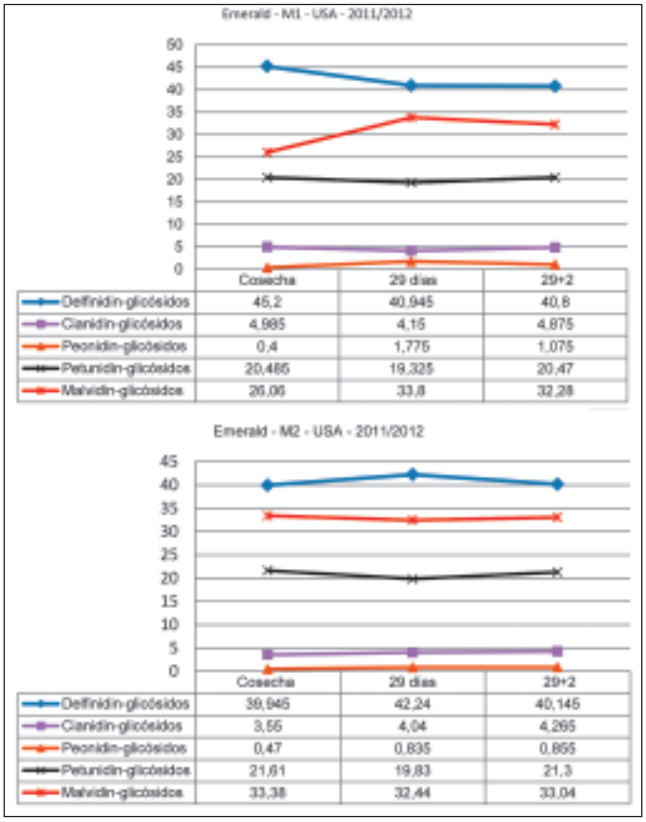
de los compuestos tuvieron el mismo comportamiento que en el ciclo anterior (Figuras 118 y 119).

Considerando el factor madurez o la media general de ambos estados de desarrollo, los arándanos de M1 presentaron mayores valores de delfinidinas y menores de malvidinas en el ciclo 2010/2011 (Figura 120). En tanto en el ciclo 2011/2012, el perfil de pigmentos de los arándanos de M1 y M2 registró valores similares de delfinidinas y malvidinas. Las petunidinas mantuvieron los mismos porcentajes entre M1 y M2 en ambos ciclos (Figura 121).

En cuanto a la influencia del proceso aplicado según destino de exportación, la fruta bromurada (USA) y la no bromurada (UE), presentaron perfiles de pigmentos similares en ambos años de experimento. Los porcentajes de derivados de delfinidinas, petunidinas y malvidinas fueron 44,9, 20 y 30 respectivamente, para la fruta bromurada (destino USA) y para la no bromurada (destino UE) los mismos fueron 44,9, 19 y 31. En el ciclo 2011/2012 esos valores fueron 41, 20 y 33 para ambos destinos.

3.6.4 Jewel

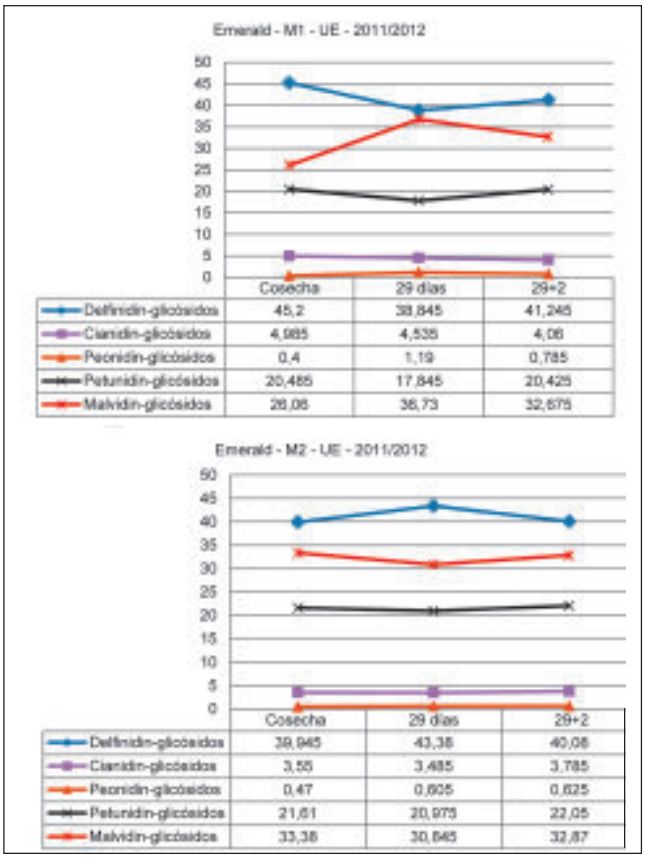
En el ciclo 2010/2011, en los arándanos tratados de acuerdo al destino en el que iban a ser comercializados (USA y UE), así como para ambos estados de desarrollo, se observó una disminución de los compuestos glicosidados de delfinidinas y un aumento,



	Cosecha	29 días	29+2
Delfinidin-glicósidos	45,2	40,945	40,8
Cianidin-glicósidos	4,985	4,15	4,875
Peonidin-glicósidos	0,4	1,775	1,075
Petunidin-glicósidos	20,485	19,325	20,47
Malvidin-glicósidos	26,06	33,8	32,28

	Cosecha	29 días	29+2
Delfinidin-glicósidos	39,945	42,24	40,145
Cianidin-glicósidos	3,55	4,04	4,265
Peonidin-glicósidos	0,47	0,835	0,855
Petunidin-glicósidos	21,61	19,83	21,3
Malvidin-glicósidos	33,38	32,44	33,04

Figura 118. Emerald. Composición de pigmentos al momento de cosecha, 29 días 0 °C y luego de dos días a temperatura ambiente (29 d + t. amb.), en arándanos cosechados con madurez M1 y M2 y manejados para ser comercializados en Estados Unidos (USA), con aplicación de bromuro de metilo en poscosecha.



	Cosecha	29 días	29+2
Delfinidin-glicósidos	45,2	38,845	41,245
Cianidin-glicósidos	4,985	4,535	4,06
Peonidin-glicósidos	0,4	1,19	0,785
Petunidin-glicósidos	20,485	17,845	20,425
Malvidin-glicósidos	26,06	36,73	32,675

	Cosecha	29 días	29+2
Delfinidin-glicósidos	39,945	43,38	40,08
Cianidin-glicósidos	3,55	3,485	3,785
Peonidin-glicósidos	0,47	0,605	0,625
Petunidin-glicósidos	21,61	20,975	22,05
Malvidin-glicósidos	33,38	30,845	32,87

Figura119. Emerald. Composición de pigmentos al momento de cosecha, 29 días 0 °C y luego de dos días a temperatura ambiente (29 d + t. amb.), en arándanos cosechados con madurez M1 y M2 y manejados para ser comercializados en la Unión Europea (UE), sin aplicación de bromuro de metilo en poscosecha.

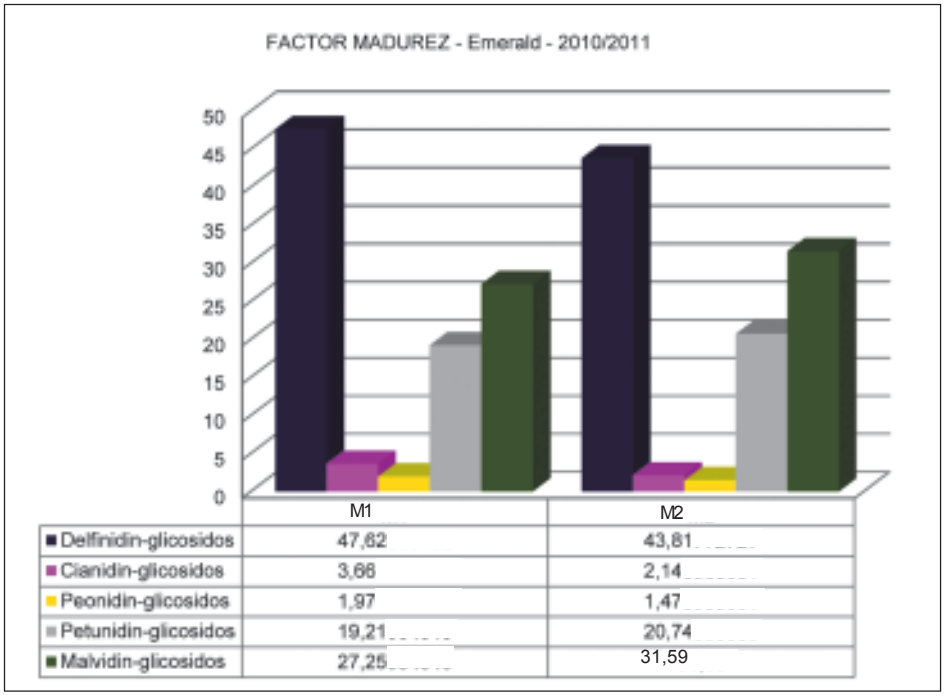


Figura 120. Emerald. Incidencia del factor madurez en la composición de pigmentos.

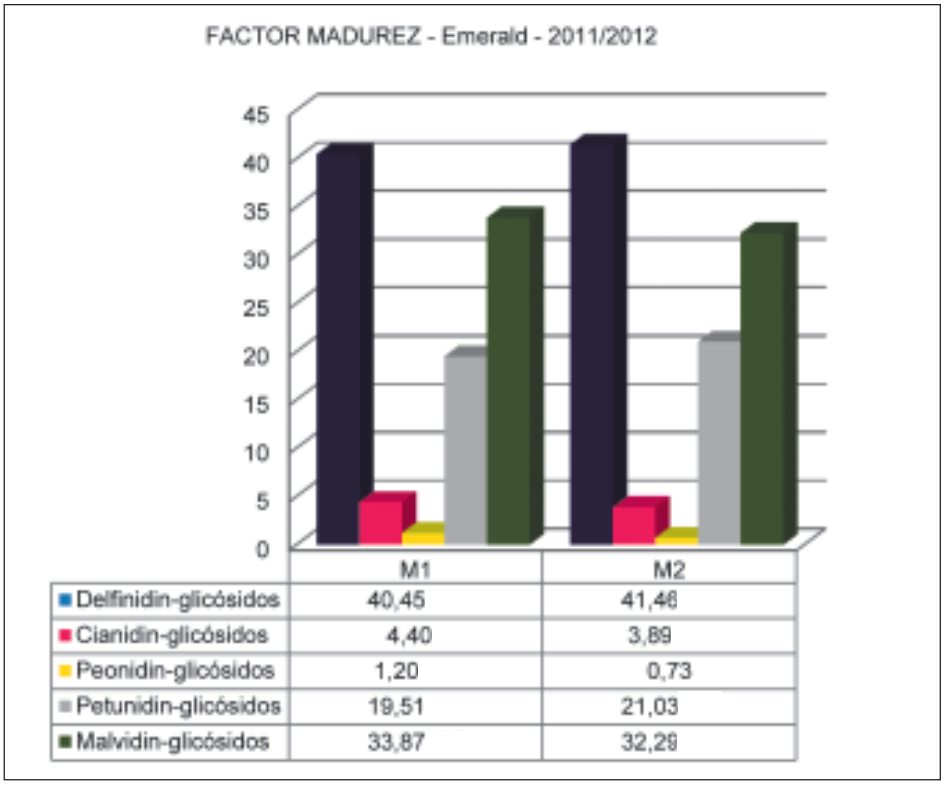


Figura 121. Emerald. Incidencia del factor madurez en la composición de pigmentos.

en proporción, de los compuestos derivados de malvidinas a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento poscosecha. El mayor nivel de malvidinas se registró en el perfil realizado en la fruta de M2, con conservación refrigerada seguida luego de dos días a temperatura ambiente. Los demás pigmentos mostraron las mismas características que en las otras variedades, como por ejemplo la petunidina que se mantuvo casi constante desde la cosecha y sin diferencias entre destinos y estados de desarrollo (Figuras 122 y 123).

En el ciclo 2011/2012, en los frutos de ambos estados de desarrollo y destino, se observó el mismo comportamiento que en ciclo anterior, o sea un descenso de los derivados de delfinidinas y aumento de malvidinas a partir de la cosecha. A su vez, la fruta en estado de desarrollo M1 y con

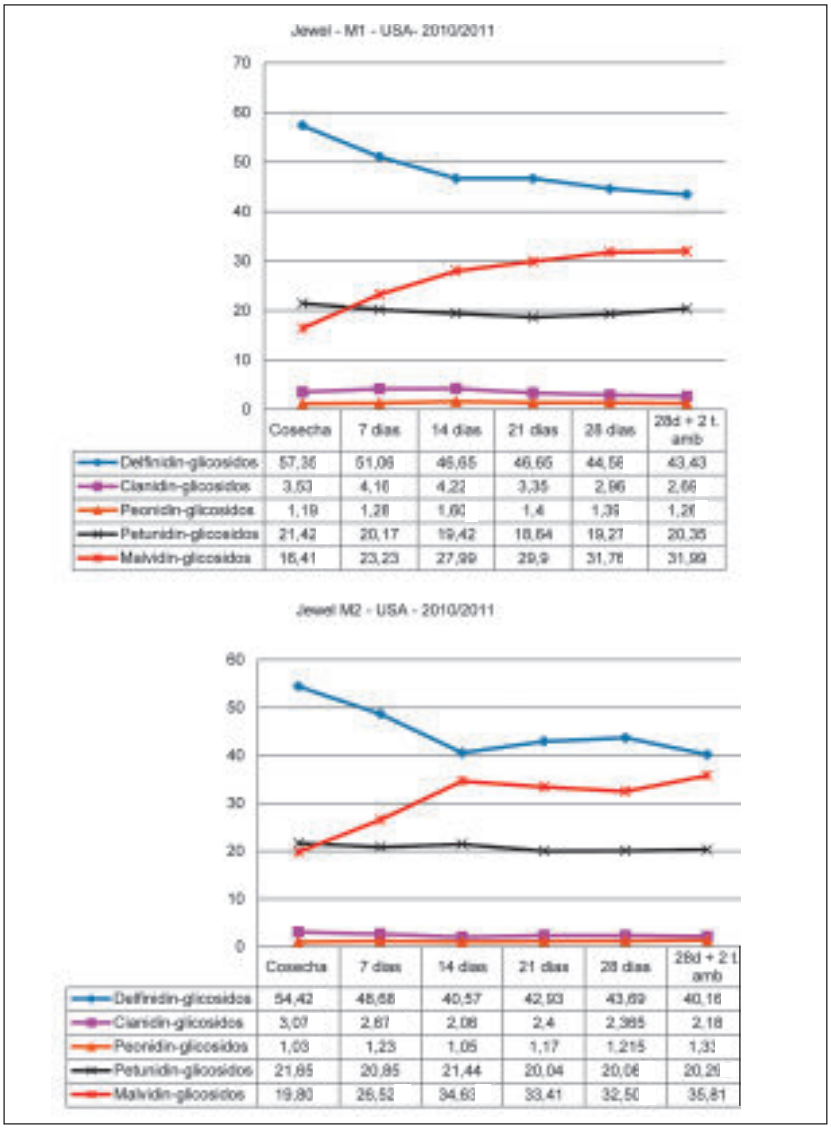


Figura 122. Jewel. Composición de pigmentos al momento de cosecha, 7, 14, 21, 28 días 0 °C y luego de dos días a temperatura ambiente (28 d + t. amb), en arándanos cosechados con madurez M1 y M2 y manejados para ser comercializados en Estados Unidos (USA), con aplicación de bromuro de metilo en poscosecha

	Cosecha	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	28d + 2 t. amb
Delfinidin-glicosidos	57,35	53,46	44,76	44,48	46,05	44,49
Cianidin-glicosidos	3,53	4,35	3,68	3,29	2,89	2,47
Peonidin-glicosidos	1,19	1,10	1,34	1,34	1,25	1,25
Petunidin-glicosidos	21,42	19,40	19,97	18,84	17,66	19,77
Malvidin-glicosidos	16,41	21,65	30,11	31,96	32,13	31,68

	Cosecha	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	28d + 2 t. amb
Delfinidin-glicosidos	54,42	45,94	41,02	41,35	43,48	39,21
Cianidin-glicosidos	3,07	2,51	2,44	2,285	2,57	2,44
Peonidin-glicosidos	1,03	1,08	1,04	1,075	1,09	1,15
Petunidin-glicosidos	21,65	20,76	21,28	19,55	18,69	20,01
Malvidin-glicosidos	19,80	29,71	33,99	35,63	33,96	36,88

Figura 123. Jewel. Composición de pigmentos al momento de cosecha, 7, 14, 21, 28 días 0 °C y luego de dos días a temperatura ambiente (28d + t. amb), en arándanos cosechados con madurez M1 y M2 y manejados para ser comercializados en la Unión Europea (UE), sin aplicación de bromuro de metilo en poscosecha.

destino a USA, presentó valores superiores de malvidinas a la de M2, con condiciones de temperatura ambiente, a posteriori de la conservación frigorífica. Los demás pigmentos tuvieron el mismo comportamiento que en el ciclo productivo anterior (Figuras 124 y 125).

Considerando el factor madurez, en el primer año, los frutos de M1 registraron niveles superiores de delfinidinas e inferiores de malvidinas que los frutos con estado de desarrollo M2. En tanto, en el ciclo 2011/2012, los valores de ambos pigmentos fueron similares entre los dos estados de desarrollo (Figuras 126 y 127).

En relación al proceso de manejo de acuerdo al destino de exportación, la fruta bromurada (USA) y la no bromurada (UE), presentaron perfiles de pigmentos similares en ambos años de experimento. Los porcentajes de derivados de delfinidinas, petunidinas y malvidinas fueron 45, 20 y 31 respectivamente (USA) y para UE los mismos fueron 44, 20 y 32. En el ciclo 2011/2012 esos valores fueron 38, 20 y 38 (USA) y 41,20 y 35 (UE) respectivamente.

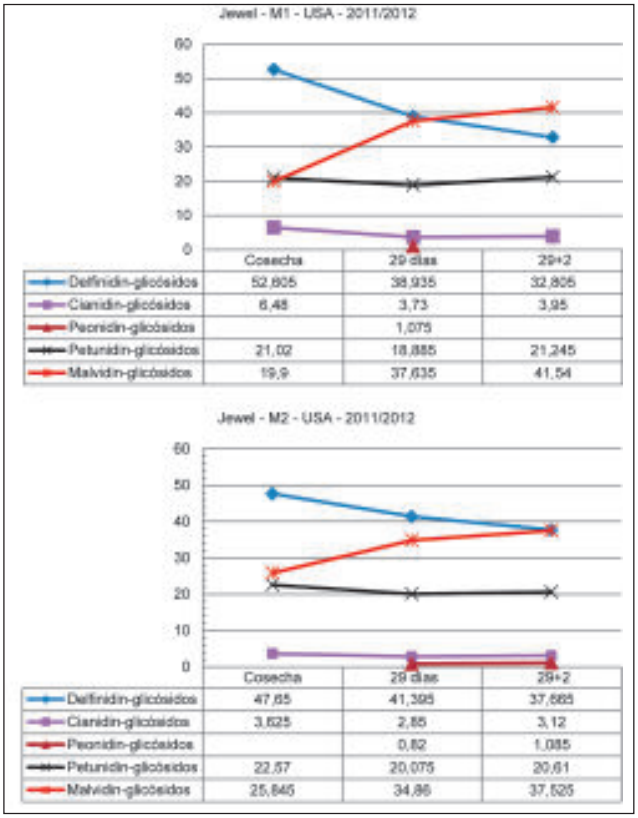


Figura 124. Jewel. Composición de pigmentos al momento de cosecha, 29 días 0 °C y luego de dos días a temperatura ambiente (29d + t. amb), en arándanos cosechados con madurez M1 y M2 y manejados para ser comercializados en Estados Unidos (USA), con aplicación de bromuro de metilo en poscosecha.

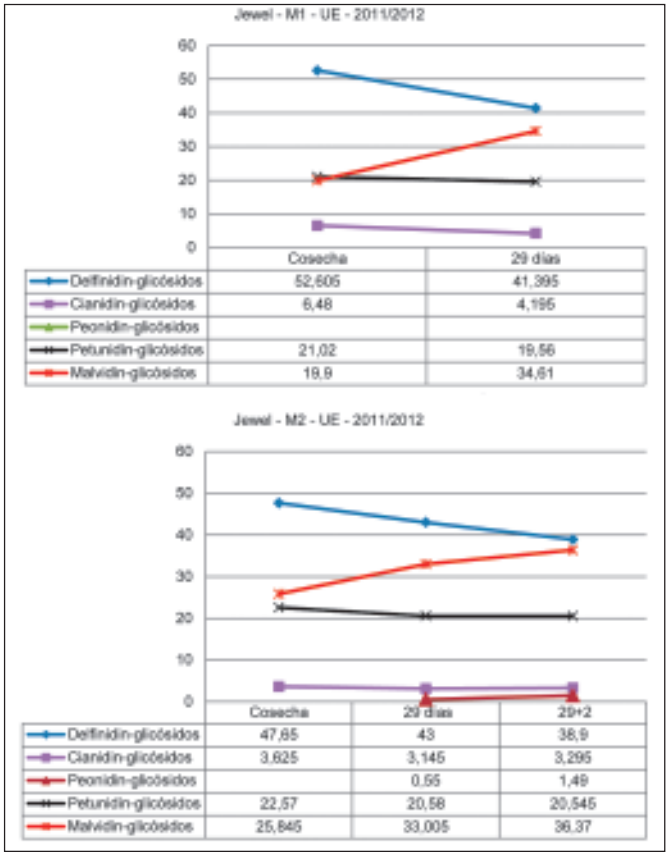
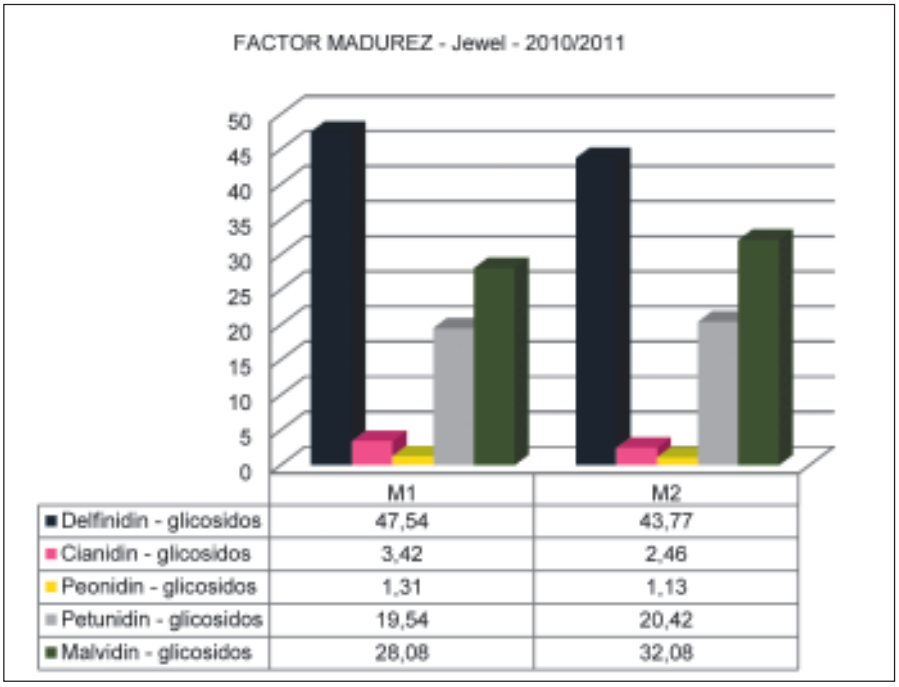
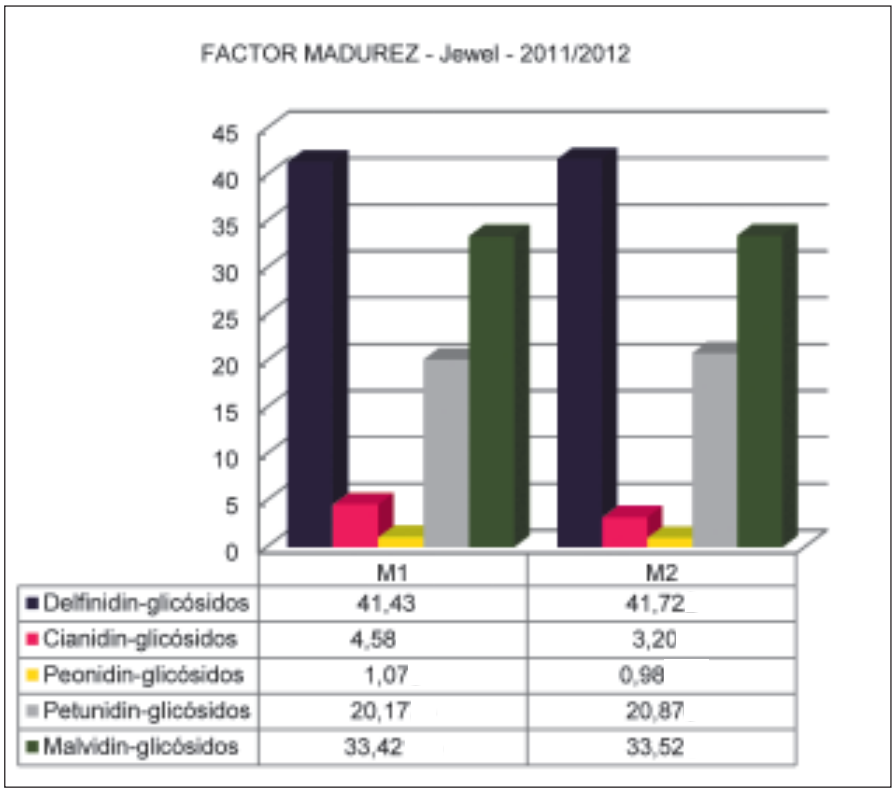


Figura 125. Jewel. Composición de pigmentos al momento de cosecha, 29 días 0 °C y luego de dos días a temperatura ambiente (29d + t. amb), en arándanos cosechados con madurez M1 y M2 y manejados para ser comercializados en la Unión Europea (UE), sin aplicación de bromuro de metilo en poscosecha.



	M1	M2
Delfinidin - glicosidos	47,54	43,77
Cianidin - glicosidos	3,42	2,46
Peonidin - glicosidos	1,31	1,13
Petunidin - glicosidos	19,54	20,42
Malvidin - glicosidos	28,08	32,08

Figura 126. Jewel. Incidencia del factor madurez en la composición de pigmentos.



	M1	M2
Delfinidin-glicósidos	41,43	41,72
Cianidin-glicósidos	4,58	3,20
Peonidin-glicósidos	1,07	0,98
Petunidin-glicósidos	20,17	20,87
Malvidin-glicósidos	33,42	33,52

Figura 127. Jewel. Incidencia del factor madurez en la composición de pigmentos.

3.6.5 Sistema de almacenamiento (O´Neal y Misty)

En relación a los sistemas de almacenamiento, en las variedades O´Neal y Misty, no se registraron diferencias importantes en la composición de pigmentos entre arándanos conservados en condiciones de atmósfera modificada y regular (Figuras 128 y 129).

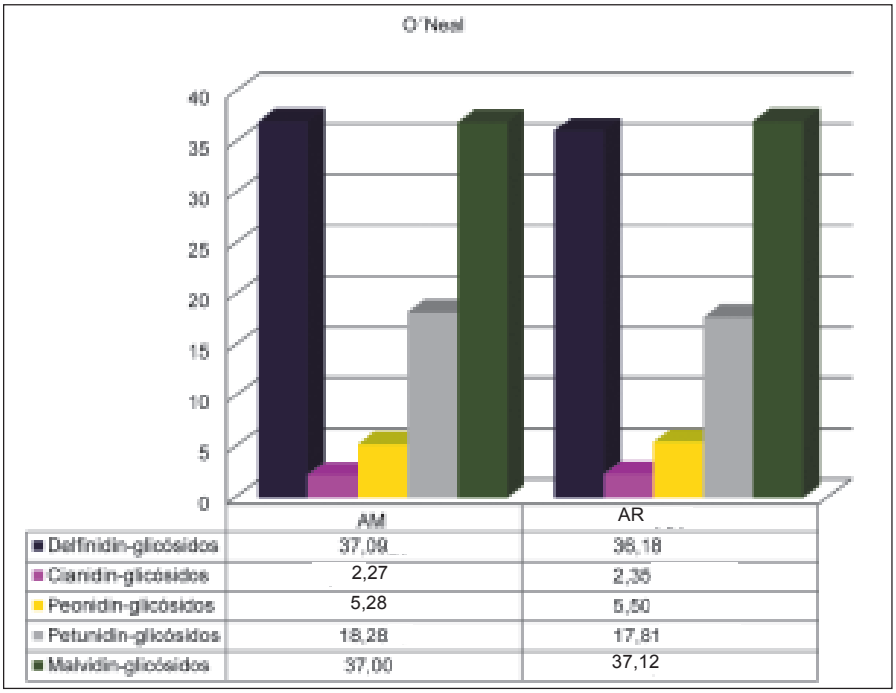


Figura 128. O´Neal. Incidencia del sistema de almacenamiento en la composición de pigmentos. (AM - Atmósfera Modificada; AR - Atmósfera Regular).

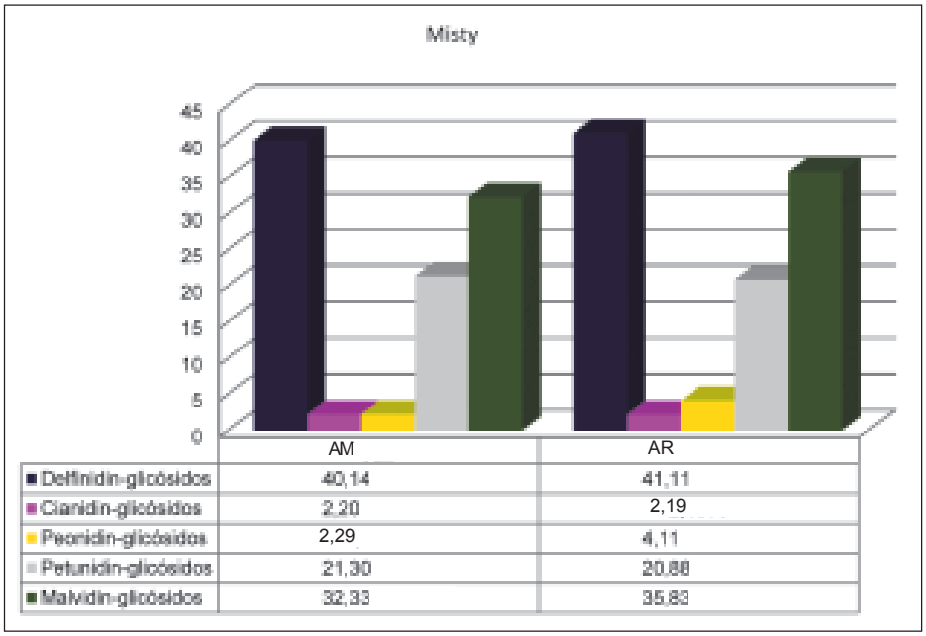


Figura 129. Misty. Incidencia del sistema de almacenamiento en la composición de pigmentos. (AM - Atmósfera Modificada; AR - Atmósfera Regular).

4. CRITERIOS DE SELECCIÓN Y DESCARTE

Actualmente la cosecha de arándanos se realiza en forma manual, lo que implica la necesidad de que los cosechadores utilicen criterios de buenas prácticas agrícolas para evitar el descarte de fruta en destino. Los arándanos son frutos altamente perecederos y a su vez son sometidos a una manipulación cosecha - poscosecha, lapso en el cual pueden perder o disminuir aquellos atributos de calidad exigidos por el mercado importador. Existen protocolos en los cuales se hace referencia a porcentajes mínimos o máximos aceptados (según el parámetro del que se trate) referidos a recubrimiento de pruina, pudriciones, cicatrices, inmadurez, sobremadurez, tamaño, síntomas de deshidratación, residuos químicos. Algunos, principalmente los indicios de pudrición, fruta blanda severa, heridas abiertas, son considerados defectos mayores, con tolerancia cero en el mercado importador. Las siguientes ilustraciones exponen algunos de los aspectos a considerar en las propiedades a mantener y aquellos síntomas que ocasionan descartes o pérdida de calidad, tanto para el consumo en fresco como para la industria (Figuras 130 a 141).

Figura 130. Aspecto interno de arándanos cosechados en madurez comercial y que cumplen con los requisitos de exportación.

Figura 131. Cosecha previa a la clasificación y empaque.

Figura 132. Bandeja de arándanos a temperatura ambiente durante cuatro días. Mantenimiento de pruina, sin daños y tamaño uniforme.

Figura 133. Aspecto interno de arándanos sobre maduros. Se aprecia el colapso de epidermis y mesocarpo a medida que avanza la senescencia de los frutos. El decaimiento puede comenzar en el cultivo y se acentúa en poscosecha.

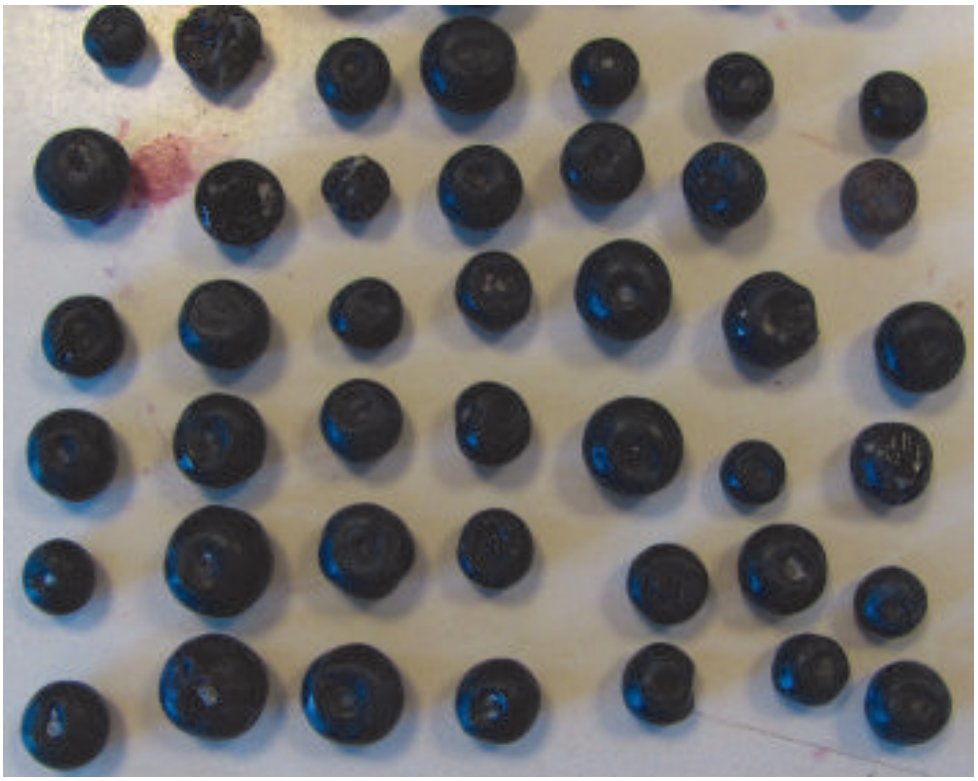


Figura 134. Arándanos sobre maduros (incluso algunos con fluidos de pigmentos), escasa pruina en la piel, con daño físico y primeros síntomas de desarrollo de hongos.

Figura 135. Aspecto externo de arándanos con desarrollo de síntomas de deshidratación.

Figura 136. Bandeja con algunos frutos de tamaño no comercial y falta de pruina.

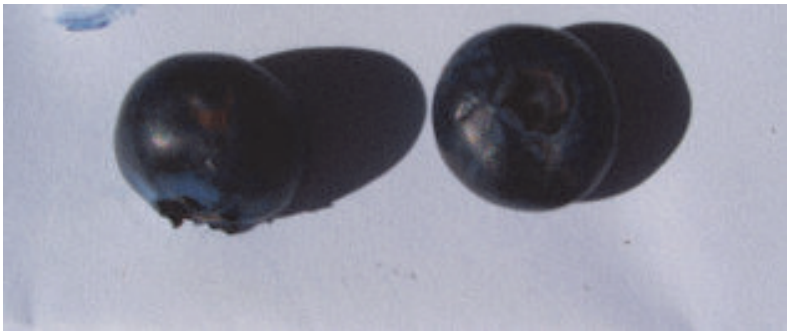


Figura 137. Arándanos con daño físico (se ven cicatrices) producido durante el cultivo.

Figura 138. Arándanos con daño físico producido por golpes y/o aplastamiento.

Figura 139. Arándanos con síntomas de desarrollo de hongos, deshidratación y daño físico

Figura 140. Frutos cosechados inmaduros.

Figura 141. Fruta cosechada inmadura, durante un día a temperatura ambiente, comparada con fruta cosechada con mayor color de piel. Se observa buen porcentaje de pruina.

5. CONCLUSIONES

En las condiciones experimentales del presente trabajo se concluye que en relación a:

5.1 Sólidos solubles (SS)

- En las variedades estudiadas en este trabajo, ambos estados de desarrollo, M1 y M2, presentaron niveles de sólidos solubles superiores a 10 °Brix, valor mínimo de aceptabilidad de los consumidores de arándanos en los países de destino comercial.
- Estadísticamente, los arándanos cosechados con estado de desarrollo M1 (color morado alrededor del pedúnculo) presentaron niveles inferiores a los cosechados con M2 (color azul en la totalidad del fruto).
- En ambos estados de desarrollo hubo diferencias varietales. Considerando cada variedad y posterior a la cosecha, no experimentaron cambios importantes.
- No se encontraron diferencias en el contenido de sólidos solubles entre la fruta con aplicación de bromuro de metilo, para ser comercializadas en el mercado estadounidense y aquellas destinadas al mercado de la Unión Europea, para el cual no se exige el mencionado tratamiento.

5.2- Acidez total titulable (ATT)

- En las cuatro variedades y en ambos ciclos, la acidez fue superior en los arándanos cosechados en estado de desarrollo M1.
- Las diferencias de acidez entre ambos estados de desarrollo son más contrastables que la de sólidos solubles.
- Durante el período de almacenamiento a temperatura ambiente, que siguió a la conservación refrigerada, se registraron cambios importantes en los valores de acidez los cuales disminuyeron significativamente para ambos estados de desarrollo.
- No se encontraron diferencias persistentes durante el almacenamiento, entre la fruta bromurada y no bromurada

5.3 Relación Sólidos Solubles/ Acidez (SS/ATT)

- En el valor de esta relación (10 a 33), considerada como de mayor impacto sobre la aceptabilidad por parte del consumidor, incidió la acidez de la fruta y no el contenido de sólidos solubles
- En la variedad O´Neal, en el ciclo 2010/ 2011, solamente la fruta cosechada con estado de desarrollo M1, mantuvo los valores de la relación SS/acidez dentro del rango de calidad establecido. En el ciclo 2011/ 2012, la fruta de M2 se apartó del rango en el tratamiento con dos días de condiciones de temperatura ambiente, luego de 29 días de frío.
- En la variedad Misty, durante el ciclo 2010/2011, los arándanos con M1 mantuvieron durante todo el período pos cosecha valores dentro del rango de calidad establecido. Los de M2, solamente lo hicieron durante el almacenamiento en frío. En estos frutos, en cuanto pasaron 48 horas a temperatura ambiente o sea lo equivalente a las condiciones de consumo, la relación se apartó del rango de calidad. En el ciclo 2011/2012, los arándanos de M2 mantuvieron el valor de la relación dentro del rango y los de M1, alcanzaron el valor óptimo con 48 horas en condiciones de temperatura ambiente, luego de 29 días de conservación refrigerada. Ello sugiere que la cosecha en estado de desarrollo M1, teniendo en cuenta el transporte a destino, que a pesar de no alcanzar el óptimo durante el almacenamiento, sí lo logran en el momento que están disponibles para el consumidor.
- Los frutos de la variedad Emerald, en el ciclo 2010/2011 para ambos estados de desarrollo, mantuvieron la relación en el rango de aceptabilidad, durante todo el período poscosecha. En el ciclo posterior, la fruta fue más ácida, lo cual con-

dujo a valores inferiores en M1 y M2, no logrando la fruta del primer estado alcanzar el mínimo de 10, durante ninguno de los períodos de conservación.

- Los frutos de la variedad Jewel, en el primer ciclo, para ambos estados de desarrollo mantuvieron una relación dentro del rango establecido como óptimo. En 2011/ 2012, en los arándanos con M1 los valores fueron inferiores a 10, en todos los tratamientos poscosecha.
- No se encontraron diferencias en el valor de la relación sólidos solubles/acidez, entre la fruta con aplicación de bromuro de metilo y aquella en la cual no se aplicó el mencionado tratamiento.

5.4 Textura

- En todas las variedades utilizadas, los arándanos cosechados con estado de desarrollo M1 presentaron valores superiores de fuerza máxima de punción y compresión al momento de cosecha.
- La fuerza de punción y compresión aumentó con el período de almacenamiento debido a los efectos de la deshidratación.
- Los arándanos cosechados con M1 y M2, no obstante la deshidratación, por sus bajos porcentajes, no mostraron visualmente síntomas en la fruta.
- Las frutas almacenadas a 0 °C mantuvieron el color de piel correspondiente a los estados de desarrollo M1 y M2, pero a temperatura ambiente no se distinguieron debido a la uniformización del color de piel.
- En las variedades Emerald y Jewel, la fruta manejada en función del destino a USA y con aplicación poscosecha de bromuro de metilo, registró valores de fuerza máxima de punción y compresión inferiores a la no tratada y manejada previendo como destino la Unión Europea.
- A medida que evolucionó el color de recubrimiento del fruto, desde al verde al azul intenso, en arándanos recién cosechados, disminuyó la textura de la fruta, dado por el valor de la fuerza de punción y compresión.
- En las variedades O´Neal y Misty, las condiciones ambientales de temperatura y hora de cosecha, no incidieron en el ablandamiento de la fruta en el campo
- En la variedad O´Neal, los cortes de epidermis y mesocarpo mostraron que en la fruta cosechada con estado de desarrollo M1 los pigmentos no penetraron en el mesocarpo, indicando mayor conservación de las estructuras celulares en poscosecha que la fruta cosechada con M2.
- En la variedad Misty, la fruta cosechada con M2 presentó un mayor número de esclereidas en el mesocarpo que aquella cosechada en estado de desarrollo M1.
- En las variedades Emerald y Jewel, en condiciones de temperatura ambiente, los arándanos cosechados con M2 presentaron infiltración de pigmentos hacia el mesocarpo, ocasionado por el colapso de las paredes celulares.
- En las variedades Emerald y Jewel, los cortes histológicos evidenciaron que los arándanos sometidos a bromuro de metilo tuvieron mayor infiltración de pigmentos en el mesocarpo que aquellos en que no se aplicó dicho tratamiento.

5.5 Sistemas de almacenamiento

- En las variedades O´Neal y Misty almacenadas en condiciones de atmósfera modificada (AM) y regular o convencional (AR), los arándanos presentaron valores similares de sólidos solubles, por lo cual el sistema de almacenamiento no incidió sobre éste parámetro.
- Los arándanos almacenados en AM, registraron valores de acidez superiores a los almacenados en condiciones de AR.
- Los frutos de AR mantuvieron una relación óptima de SS/ acidez hasta los 35 días, pero a temperatura ambiente el rango superó el óptimo recomendado. En tanto en los mantenidos en AM, el rango óptimo se mantuvo hasta los 45 días.

- Los frutos provenientes de AM, a los 40 días de almacenamiento a 0 °C, visualmente no presentaron diferencias con la fruta recién cosechada. Los frutos provenientes de AR, en el mismo lapso, mostraron un aspecto de sobremadurez, dado por la intensidad de color de piel.
- El sistema de almacenamiento en AM fue eficaz en reducir la pérdida de peso de los frutos.
- El estudio histológico mostró que, en general, en los arándanos provenientes de AR los pigmentos infiltraron el mesocarpo en mayor proporción que en los provenientes de AM, indicando un mayor colapso celular ocasionado por la senescencia.

5.6 Valor nutricional

- En la variedad O´Neal la fruta cosechada en estado de desarrollo M2 presentó valores superiores de fenoles, actividad antioxidante y antocianinas
- En la variedad Misty, en el ciclo 2010/2011, los compuestos bioactivos fueron similares entre los frutos cosechados con M1 y M2, pero las antocianinas fueron superiores en los frutos de M2. En el ciclo 2011/2012 todos los bioactivos fueron superiores en los frutos cosechados con M2.
- En la variedad Emerald, en el primer año todos los bioactivos fueron mayores en los frutos de M2 y en el segundo año solamente las antocianinas presentaron valores superiores en los frutos de M2 en relación a los de M1.
- En la variedad Jewel, en los dos ciclos, los arándanos cosechados con M2 tuvieron mayores niveles de bioactivos que los de M1.
- El destino de comercialización, con y sin bromurado, no afectó el nivel de bioactivos en el primer año. En el segundo, la fruta a la cual se le aplicó bromuro de metilo registró mayor porcentaje de antocianinas.
- En todas las variedades, los valores de fenoles, actividad antioxidante y antocianinas, en general, aumentaron con el almacenamiento, siendo ese aumento mayor al incluir 48 horas en condiciones de temperatura ambiente luego de la conservación refrigerada.
- En las variedades O´Neal y Misty, el sistema de almacenamiento en AM y AR no afectó el nivel de fenoles y actividad antioxidante. Los porcentajes de antocianinas fueron superiores en la fruta proveniente de AR.
- En O´Neal y Misty el contenido de fibra dietaria alimentaria, en base húmeda, no fue afectado por el estado de desarrollo con el cual los frutos fueron cosechados.

5.7 Perfil de antocianinas

- De acuerdo a la técnica de análisis utilizada, fueron identificadas trece antocianinas las cuales se agruparon según su aglicona. Como resultado de ello se consideraron los grupos de glicósidos de delfinidina, cianidina, peonidina, petunidina y malvidina.
- Las concentraciones, en orden decreciente, fueron mayores en delfinidina, seguidas de malvidina y petunidina. La peonidina y cianidina presentaron valores mayores o menores entre sí, sin una tendencia clara.
- En términos generales, en ambos estados de desarrollo, ocurrió una disminución de delfinidinas y un aumento de los derivados de malvidinas. Las petunidinas mantuvieron una concentración constante desde cosecha al final del almacenamiento.
- El factor madurez de cosecha mostró que en la variedad O´Neal los arándanos de M1 presentaron mayores valores de delfinidinas y menores de malvidinas que los de M2. En la variedad Misty, ambos estados de desarrollo presentaron valores similares de delfinidinas y malvidinas.
- En Emerald y Jewel, en el primer año, los arándanos cosechados con M1 presentaron valores superiores de delfinidinas y menores de malvidina que los de M2. En el segundo año el perfil fue similar entre ambos estados de desarrollo.

- En las variedades Emerald y Jewel el bromuro de metilo no incidió en el perfil de pigmentos comparado con la fruta a la cual no fue aplicado.

6. CONSIDERACIONES FINALES

El nivel de sólidos solubles no puede ser considerado un parámetro de estado óptimo de desarrollo a cosecha, dada su poca variación y diferenciación entre estados y durante la poscosecha. También se debe considerar que la fruta con menos porcentaje de color azul (M1) logra valores de acuerdo a los límites mínimos de calidad exigidos.

La textura es un valor útil para relacionarlo con los diferentes grados de intensidad del color de piel, para realizar curvas de maduración para cada predio y variedad, a los fines de conocer el ablandamiento de la fruta al progresar el período de cosecha y tomar decisiones de destino de venta. Dado las características de maduración del arándano, no podría pensarse en utilizar como referencia de inicio de cosecha.

En este trabajo se ratifica la importancia del color de piel del arándano en determinar cómo el estado de desarrollo, expresado a través del mismo, afecta las propiedades organolépticas, sensoriales y químicas durante la comercialización. El estado de desarrollo M1 garantiza una mejor manipulación en cosecha y poscosecha, sin comprometer los atributos de calidad organoléptica y nutricional. Por otra parte, mantienen mejores relaciones entre sólidos solubles/acidez, que determinan la aceptabilidad por parte del consumidor. El estado M2 o frutos totalmente azules no se distinguen de los sucesivos estados de sobremadurez y son aptos para distancias más cercanas u otros fines diferentes al consumo en fresco. Si bien en una cosecha normal se mezclan ambos estados, es en el momento de empaque donde se debe monitorear muestras de arándanos de color azul, para conocer el grado de ablandamiento. Una vez alcanzado el color azul en la totalidad del fruto, se aceleran los procesos de deterioro y senescencia.

7. BIBLIOGRAFÍA

AOAC. 1999. Official Method Analysis, 15th ed., AOAC, Arlington, VA, Vol 2, sec 985.29, 1105.

ALMENAR, E.; SAMSUDIN, H.; AURAS, R.; HARTE, B.; RUBINO, M. 2008. Postharvest shelf life extension of blueberries using a biodegradable package. Food Chemistry 110: 120 -127.

BEAUDRY, R.M. 1999. Effect of O2 and CO2 partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. Postharvest Biol. Technol. 15,293–303.

BEAUDRY, R. 1992.Blueberry characteristics and how they can be optimezed. In: Annual Report of the Michigan State Horticultural Society (122nd). Michigan State Horticultural Society, Morrice, MI, USA, pp. 140 - 145.

BEAUDRY, R.M.; MOGGIA, C.E.; RETAMALES, J.B.; HANCOCK, J.F. 1998. Quality of Ivanhoe and Bluecrop blueberry fruit transported by air and sea from Chile to North America. HortScience 33: 313 -317.

BICKFORD PC, SHUKITT-HALE B, JOSEPH J. 1999. Effects of aging on cerebellar noradrenergic function and motor learning: nutritional interventions. Mech Ageing Develop 111:141–54.

BOURNE, M. 1980.Texture evaluation of horticultural crops. Hort Science, Vol. 15:15-21.

CONNER, A.M.; LUBY, J.J.; HANCOCK, J.F.; BERKHEIMER, S.; HANSON, E.J. 2002. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. J. Agric. Food Chem., 50, 893, 2002

DEL CARPIO JIMENEZ C., SERRANO FLORES C., GIUSTI M. 2009. Characterization of Lechler fruits anthocyanins Berberis boliviana. Rev Soc Quím Perú 75 (1).

DUSSÁN - SARRIA, S.; HONÓRIO, S. L.; MATIAS M DE L. 2008. Resistencia mecánica, tasa respiratoria y producción de etileno de caqui 'Fuyu´ durante el almacenamiento, en: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Vol. 12 : 498–502.

FEIPPE, A. 2004.En: FPTA-INIA/JUNAGRA/ PREDEG Módulos de evaluación del comportamiento productivo y comercial de nuevas variedades de frutales de hoja caduca (duraznero, nectarina, manzano) en empresas frutícolas de la zona Sur, Serie FPTA, Nº 12.

FEIPPE, A. 2003. Módulos de Evaluación de nuevas variedades de frutales de hoja caduca en empresas frutícolas de la zona sur. Características organolépticas, calidad y almacenamiento. Avances de Proyecto FPTA Nº 093. Serie de Actividades de difusión Nº 320, INIA Las Brujas, p. 19 - 27.

FEIPPE, A. y cols. 2006.Valoración de manzanas y citrus de Uruguay por el consumidor europeo. Revista INIA, Nº 6.

FEIPPE. A.; RODRIGUEZ. P.; PISANO, J. 1998. Evaluación cosecha y poscosecha de manzana Royal Gala sobre diferentes portainjertos. Serie de Actividades de Difusión Nº 168.

FEIPPE, A. ; PERALTA ALTIER. G.; IBÁÑEZ. F.; VIGNALE. B.; CABRERA . D.; ZOPPOLO. R. 2008. Valor nutricional de los frutos nativos del Uruguay. *Eugenia uniflora* (Pitanga); *Psidium cattleianum* (Arazá); *Acca sellowiana* (Guayabo del país) y **Myrcianthes pungens** (Guaviyú). Revista INIA, Nº 15; pp 33-35.

FEIPPE, A.; IBAÑEZ, .F; CALISTRO, P.; PEREIRA, C.; LADO, J. 2010. Efecto del estado de madurez a la cosecha sobre la calidad de arándanos de exportación. Jornada de Divulgación: avances de Resultados de Investigación en Arándanos. Serie de actividades de Difusión Nº 607, INIA Salto Grande e INIA Las Brujas.

FEIPPE, A; PERALTA ALTIER, G; IBÁÑEZ, F; RODRÍGUEZ, P. 2008. Caracterización nutricional de material seleccionado de frutos nativos. Serie de Actividades de Difusión, Nº 530 INIA, Las Brujas.

FEIPPE, A.; PERALTA ALTIER, G.; IBÁÑEZ, F.; RODRÍGUEZ, P. 2008. Calidad sensorial y físico - química de manzana Mondial Gala proveniente de producción Integrada, Orgánica y Convencional. Serie de Actividades de Difusión, INIA Las Brujas, Nº 544, agosto de 2008; Serie de Actividades de Difusión, INIA Las Brujas, Nº 551.

FEIPPE, A., VILASBOAS, E. 2001. Estudio de la actividad enzimática poscosecha de polifenoloxidasa y peroxidasa en duraznos. Revista Iberoamericana de Tecnología de Poscosecha 3 (2) 179-184.

GIUSTI, M.M., WROLSTAD, R.E. 2001. Unit F1.2.1-13. Anthocyanins characterization and measurement with UV- visible spectroscopy. In Current Protocols in Food Analytical Chemestry, Wrolstad, R.E., Ed.; John Wley & Sons: New York.

HARB, J.Y., STREIF, J. 2004.Controlled atmosphere storage of Highbush blueberries cv. Duke. Eur. J. Hort. Sci. 69, 66-72.

HANCOCK, J. 2001. Blueberry characteristics range among the varieties. The Fruit Growers News, May Issue, pp. 36-37.

HARKER F.R.; K.B. MARSH, H. YOUNG, S.H. MURRAY , GUNSON, F.A.; WALKER, S.B. 2002. Sensory interpretation of instrumental measurements 2: sweet and acid taste of apple fruit. Postharvest Biology and Technology 24: 241-250.

HEINONEN M. 2007.Antioxidant activity and antimicrobial effect of berry phenolics - a Finnish perspective. Mol Nutr. Food Res 51:684–691.

IFST. 2007. The Institute of Food Science and Technology (IFST). Dietary fiber. Public affairs and technical and legislative committees. IFST. London, UK. p.1-10.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 1985. Normas analíticas, métodos químicos y físicos para análisis de alimentos. 3. ed. San Pablo: Instituto Adolfo Lutz, v.1, 533p.

JACKSON, E.D.; SANFORD, K.A.; LAWRENCE, R.A.; MCRAE, K.B.; STARK, R. 1999. Lowbush blueberry quality changes in response to prepacking delays and holding temperatures. Postharvest Biol. Technol. 15, 117-126.

KADER A. A. 1999.Fruit maturity, ripening, and quality relationship. Acta Horticulturae (ISHS) 485:203-8.

KADER, A., HESS-PIERCE, B., ALMENAR, E. 2003.Relative contribution of fruit constituents to soluble solids content measured by a refractometer. HortScience, v 38, 833.

LADO LINDNER, J. 2007. Evaluación de la vida poscosecha de arándanos conservados bajo atmósfera común y atmósfera ionizada. UDELAR, Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo.

MARTINEAU,**L.; COUTURE, A.; SPOOR, D.; ALI BENHADDOU-ANDALOUSSI, A.; HARRIS, C.; MEDDAH, B.; LEDUC, C; BURTC, A.; VUONG, T.; MAI LE, P.; PRENTKI, M.; BENNETT, S.; ARNASON, J; PIERRE S.** 2006. Haddad. Anti-diabetic properties of the Canadian lowbush blueberry Vaccinium angustifolium Ait., Phytomedicine 13: 612-623.

MARLETT, J.A. 2000. Changes in content and composition of dietary fiber in yellow onions and Red Delicious apples during commercial storage. Journal of the Association of Official Analytical Chemists International, 83: 992-996.

MILLER, W.R.; MCDONALD, R.E.; MELVIN, C.F.; MUNROE, K.A. 1984. Effect of package type and storage time-temperature on weight loss, firmness, and spoilage of rabbiteye blueberries. Hort Science 19, 638-640.

MILO, L. 2004. Nutraceuticals & Functional Foods. Food Technology. 58 (2) : 71-75.

NISSEN, O. 1988. MSTAT-C. Microcomputer programme for the design, management, and analysis agronomic research experiments. Vers. 1. Michigan State University, USA.

OGAWA, K.; SAKAKIBARA, H.; IWATA, R.; ISHII, T.; SATO, T.; GODA, T.; SHIMOI, K.; KUMAZAWA, S. 2008. Anthocyanin composition and antioxidant activity of the crowberry (*Empetrum nigrum*) and other berries. J Agric Food Chem 56:4457-44623.

OSMAN, N.; ADAWI, D.; AHRNE, S.; JEPPSSON, B.; MOLIN, G. 2008. Probiotics and blueberryattenuate the severity of dextran sulfate sodium (DSS)-induced colitis. Dig Dis Sci;53:2464–73.

RODARTE, A., *et al.* 2008.Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during fruit maturation and ripening. Food Chem. 109: 564-572.

RODRIGUEZ, L.; WROLSTAD, R. E. 1999. Current protocols in food analytical chemestry.

RODRÍGUEZ, R.; JIMÉNEZ, A.; GUILLÉN, R.; HEREDIA, A.; FERNÁNDEZ-BOLAÑOS, J. 1999. Postharvest changes in white asparagus during refrigerated storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47: 3551-3557.

ROSENFELD, H.J.; MEBERG, K.R.; HAFFNER, K.; SUNDELL, H.A. 1999. MAP of highbush blueberries: sensory quality in relation to storage temperature, film type, and initial high oxygen atmosphere. Postharvest Biol. Technol. 16, 27-36.

SAGPYA Nº 201/2007. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación, RESOLUCIÓN SAGPYA Nº 201/2007. Protocolo de calidad para arándanos frescos. 23-08-2007. Argentina

SAFTNER, R.; POLASHOCK, J.; EHLENFELDT, M.; VINYARD, B. 2008. Instrumental and sensory quality characteristics of blueberry fruit from twelve cultivars. Postharvest Biology and Technology, v. 49, 19-26.

SALUNKHE, D.K.; BOLIN, H.R.; REDDY, N.R.1991. Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables. Boca Raton: CRC Press, 323p.

SCALZO, J., *et al.* 2005.Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. Nutrition 21: 207-213.

SCHOTSMANS, W.; MOLANA, A.; MACKAY, B. 2007.Controlled atmosphere storage of rabbiteye blueberries enhances postharvest quality aspects. Postharvest Biology and Technology 44: 277-285.

SCHWEITZER, T.F.; EDWARDS, C.A. 1992. Dietary fiber, nutritional function, health and disease a component of food. London, UK: Springer, pp. 295-332, 1992.

SELVENDRAN, R. R.; MACDOUGALL, A. J. 1995. Cell-wall chemistry and architecture in relation to sources of dietary fibre. European Journal of Clinical Nutrition, 49(3), S27-S41.

SHIPP, J.; ABDEL-AAL, S. M. 2010. Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients. The Open Food Science Journal, 4:7-22.

SILVA, J.L.; MARROQUIN, E.; MATTA, F.B.; GARNER, J.O.J.; STOJANOVIC, J. 2005. Physicochemical carbohydrate and sensory characteristics of highbush andrabbiteye blueberry cultivars. J. Sci. Food Agric. 85, 1815-1821.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Vitic. 16: 144-158.

SOUSA, L.; ALMEIDA, R.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, C.M. 2003. A small contribution to the mechanical assessment of fruit texture. J. Port. Soc. Rheo. 3:1-6.

SPILLER, G. A. 2001.Dietary fiber in prevention and treatment of disease. In G. A. Spiller (Ed.), CRC handbook of dietary fiber in human nutrition (pp. 363-431). Washington: CRC Press LLC.

STEVEN, R.; MCANULTYA, L. S.; MCANULTYB, D. C.; NIEMANA, C. L.; DUMKEA, J. D.; MORROWD, A. C.; UTTERA, D. A.; HENSONC, W. R.; PROULXB, G. L. 2004. Consumption of blueberry polyphenols reduces exerciseinduced oxidative stress compared to vitamin C. Nutrition Research 24: 209-221.

TAO, D.; RENXUE, X.; MINGYUAN, W.; ZHIYAN, X.; PING, L. 2008. Changes in dietary fibre, polygalacturonase, cellulase of navel orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck 'Cara Cara') fruits under different storage conditions Scientia Horticulturae, Volume 116, Issue 4, 20 Pages 414-420.

TELRANDHE, U.B., KURMI, R.; UPLANCHIWAR, V.; MANSOORI, M.H.; RAJ, V.J. JAIN, K., et al. 2012. Nutraceuticals. A phenomenal resource in modern medicineInternational Journal of Universal Pharmacy and Life Sciences, 2 (1) (2012), pp. 179-195.

UNIT. en ISO 9000:2000, apartado 3.1.1

VALENCIA, G.; FRANCIA, E.; MARÍA, O.; ROMÁN M. 2004. La fibra dietaria como alimento funcional. Vitae, Vol 11, No 2.

WANG, S. 2007. Antioxidant capacity and phenolic content of berry fruits as affected by genotype, preharvest conditions, maturity, and postharvest handling. In: Berry fruit : value-added products for health promotion Editor Zhao Y. Taylor & Francis Group - CRC Press, pp. 147-186.

YAHIA, E.M. 1998. Modified and controlled atmospheres for tropical fruits. Horticultural Reviews, New York, v. 22, p. 123-183.

ZAPATA, L.M.; MALLERET, A.D.; QUINTEROS, C.F.; LESA, C.E.; VUARANT, C.O.; RIVADENEIRA, M.F.; GERARD J.A. 2010. Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándanos durante su maduración Ciencia, Docencia y Tecnología Año XXI Nº 41 (159 -171).

Impreso en Editorial Hemisferio Sur S.R.L.
Buenos Aires 335
Montevideo - Uruguay

Depósito Legal 360-680 /13