



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Efecto del 1-metilciclopropeno y de los recubrimientos comestibles en la calidad
y vida útil de arándanos.

Effect of 1-methylcyclopropene and edible coatings in the quality and shelf-life
of blueberries.

Autora

María Belenguer Abarca

Directora

Maria Eugenia Venturini
Crespo

Facultad de Veterinaria

2018/2019

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
2. ABSTRACT.....	1
3. INTRODUCCIÓN.....	2
3.1. Los arándanos.....	2
3.1.1. Características generales.....	2
3.1.2. Producción y consumo.....	6
3.1.3. Pérdida de calidad postcosecha.....	7
3.2. Conservación postcosecha.....	8
3.2.1. Refrigeración.....	8
3.2.2. Envasado.....	9
3.2.3. Recubrimientos.....	9
3.2.4. Tratamientos con 1-metilciclopropeno.....	10
4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	11
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	12
5.1. Material.....	12
5.1.1. Arándanos.....	12
5.1.2. Recubrimientos comestibles.....	12
5.1.3. 1-metilciclopropeno.....	13
5.1.4. Bolsas de alta humedad.....	13
5.1.5. Ácido hipocloroso.....	13
5.2. Desarrollo experimental.....	13
5.3. Metodología.....	15
5.3.1. Calidad físico-química	15
5.3.1.a) Pérdida de peso y grado de deshidratación	15
5.3.1.b) Sólidos solubles totales, pH y acidez.....	16
5.3.1.c) Color.....	17
5.3.1.d) Firmeza.....	18
5.3.2. Calidad microbiológica.....	19
5.3.2.a) Recuentos microbiológicos.....	19
5.3.2.b) Porcentaje de podredumbres	19
5.3.3. Calidad nutricional.....	20
5.3.3.a) Extracción y cuantificación de proantocianidinas no extraíbles (NEPAs).....	21
5.3.3.b) Compuestos fenólicos totales.....	21

5.3.3.c) Flavonoides.....	21
5.3.3.d) Antocianos totales.....	22
5.3.3.e) Actividad antioxidante.....	23
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
6.1. Calidad físico-química.....	23
6.1.1) Pérdida de peso y grado de deshidratación.....	23
6.1.2) Sólidos solubles, pH y acidez.....	25
6.1.3) Color.....	27
6.1.4) Firmeza.....	27
6.2. Calidad microbiológica.....	28
6.2.1) Recuentos microbiológicos.....	29
6.2.2) Porcentaje de podredumbres.....	30
6.3. Calidad nutricional.....	31
6.4. Discusión general.....	32
7. CONCLUSIONES.....	34
8. VALORACIÓN PERSONAL	35
9. BIBLIOGRAFÍA	37

1. RESUMEN

El arándano azul o “blueberry” (*Vaccinium corymbosum*) es un fruto cada vez más apreciado y demandado por el consumidor, debido a su alto contenido en compuestos bioactivos como antocianos, polifenoles, flavonoides y vitaminas. Las estrategias de conservación de este fruto durante su periodo de almacenamiento son fundamentales para el mantenimiento de sus características de calidad, ya que este fruto climatérico es especialmente sensible al deterioro una vez recolectado. La vida post-cosecha del arándano suele verse reducida por la pérdida de peso del fruto, un aumento de su deshidratación, aparición de podredumbres, principalmente de *Botrytis cinerea*, pérdida de firmeza y alteraciones en la calidad sensorial. Por ello, en este estudio, el principal objetivo fue analizar el efecto sobre la calidad y la vida útil de arándanos de los tratamientos con 1-metilciclopropeno en distintas dosis (1000 ppm y 2000 ppm) y de recubrimientos céreos, solos y en combinación. Además, se determinaron parámetros como acidez titulable, sólidos solubles totales, pérdida de peso, pH, compuestos fenólicos y actividad antioxidante, recuentos de mesófilos aerobios totales, mohos y levaduras a lo largo de su vida útil, que nos permitieron establecer la calidad global de los frutos. La aplicación de los recubrimientos no resultó tan favorable como se esperaba, y la pérdida de pruina que ocasionaban, afectó notablemente a los frutos, produciendo un aumento de podredumbres y una mayor pérdida de peso y deshidratación que deterioraban el arándano y su calidad global. El uso del 1-metilciclopropeno se consideró una alternativa más eficaz, que aunque no garantizó una prolongación de la vida útil del fruto sí mejoró sus características, alcanzando una vida útil de 14 días a 6 °C.

2. ABSTRACT

The blueberry (*Vaccinium corymbosum*) is a product increasingly appreciated and demanded by the consumer, due to its high content in bioactive compounds, such as anthocyanins, polyphenols, flavonoids and vitamins. The conservation strategies of this fruit during its storage period are fundamental for the maintenance of its quality characteristics, since this climacteric fruit is especially sensitive to deterioration once collected. The post-harvest life of the blueberry is usually reduced by the loss of weight of the fruit, an increase of its dehydration, appearance of rot, mainly of *Botrytis cinerea*, loss of firmness and alterations in the sensory quality. Therefore, in this study, the main

objective was to analyze the effect on the quality and shelf-life of blueberries of the treatments with 1-methylcyclopropene in different doses (1000 ppm and 2000 ppm) and of edible coatings, alone and in combination. In addition, parameters such as titratable acidity, total soluble solids, weight loss, pH, phenolic compounds and antioxidant activity, total aerobic mesophilic counts, molds and yeasts throughout their shelf-life were determined, which allowed us to establish the overall quality of the fruits. The application of the coatings was not as favorable as expected, and the loss of pruine caused by these treatments, significantly affected the fruits, producing an increase in rot, a greater loss of weight and dehydration, which deteriorated the blueberry and its global quality. However, a more effective alternative to these treatments was found, with the use of 1-methylcyclopropene, which improved the characteristics of the fruit during the conservation, and prolong the shelf-life of the blueberry to 14 days at 6 °C.

3. INTRODUCCIÓN

3.1. Los arándanos

3.1.1. Características generales

El arándano azul o “blueberry” (Figura 1), es un fruto perteneciente al arbusto frutal de la familia Eriaceae, género *Vaccinium* que engloba distintas especies, siendo el *Vaccinium corymbosum* L. una de las especies más cultivada a nivel mundial (Retamales y Hancock, 2018).

Este fruto se caracteriza por poseer un color azul-negro debido a los antocianos, que son los pigmentos naturales que le aportan este color, una morfología esférica y un pequeño tamaño, que dependiendo de la especie y cultivar varía de 0,7 a 1,5 cm de diámetro. La epidermis del arándano está recubierta por secreciones cerosas, y su interior está constituido por una pulpa jugosa, más o menos acidulada y aromática.



Figura 1. Arándanos azules (Fuente: <https://www.plantnet.com.au/shop/blueberries/blueberry-kisses/>)

En el mercado, se pueden adquirir en fresco, congelados o transformados. En las transformaciones industriales se pueden obtener zumos, mermeladas, confituras, licores, salsas de acompañamiento en cocina, etc. Su reconocimiento como fruto medicinal, debido a su alta concentración en componentes bioactivos, en los que se incluyen los flavonoides, ácidos fenólicos, taninos y antocianos, que de manera individual o sinérgicamente, tienen efecto protector frente a enfermedades cardiovasculares, cáncer, inflamación, obesidad, diabetes, y otras enfermedades crónicas, ha hecho que dentro del grupo de frutos del bosque, entre los que se encuentran la cereza, la frambuesa o la mora, el arándano haya incrementado su popularidad entre los consumidores (Yang et al., 2014).

Además, tienen un bajo valor calórico por su escaso aporte de hidratos de carbono, poseen abundante fibra, y son una buena fuente de potasio, hierro y calcio (Tabla 1). También, son especialmente ricos en algunas vitaminas, como la vitamina C, que es un potente antioxidante. Su sabor, está determinado principalmente por su composición en ácidos orgánicos, tales como el ácido málico y el ácido oxálico. Este sabor a su vez varía en función del grado de madurez del fruto, siendo más astringentes y refrescantes cuando están más verdes, ya que su contenido en taninos es superior, y por tanto son más ásperos en el paladar, y cuando alcanzan su plena madurez, el contenido en taninos se reduce y el fruto adquiere propiedades depurativas.

Tabla 1. Valor nutricional del arándano (*Vaccinium corymbosum*).

Componente	Unidad	Valor en 100 g
Agua	g	84,21
Energía	Kcal	57
Proteína	g	0,74
Lípidos totales (grasa)	g	0,33
Carbohidratos	g	14,49
-Azúcares		9,96
-Fibra Dietética		2,4
Antocianos	mg	22,8
Polifenoles	mg	307
Flavonoides	mg	
-Antocianinas		25
-Flavonoles		22

Fuente: Base de datos de nutrientes del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2019).

Los flavonoides son compuestos fenólicos ampliamente distribuidos en plantas, frutas y verduras. Son sustancias químicas protectoras, no producidas por el cuerpo humano, que se obtienen mediante la alimentación o suplementación. Contienen en su estructura química un número variable de grupos hidroxilo fenólicos, excelentes propiedades de quelación del hierro y otros metales de transición que le confieren una gran capacidad antioxidante. Su estructura básica (Figura 2) está compuesta por un esqueleto de difenil piranos (C3-C6-C3), compuesto por dos anillos de fenilos (A y B) ligados a través de un anillo C de pirano (heterocíclico). Esta estructura básica permite una multitud de patrones de sustitución y variaciones en el anillo C. Según sus características estructurales se pueden clasificar en flavanos, flavonoles, flavonas, y antocianidinas. Las antocianinas o antocianos (Figura 3) son glucósidos de las antocianidinas ya que están compuestos por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, unida a un azúcar por medio de un enlace glucosídico (Martínez-Flórez, González-Gallego y Tuñón ,2002). Los antocianos aislados son altamente inestables y susceptibles a la degradación dependiendo de factores como pH, temperatura de almacenamiento, estructura química, concentración, oxígeno o solventes .

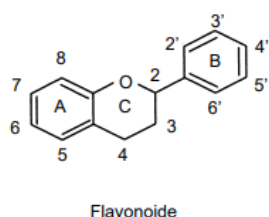


Figura 2. *Estructura del flavonoide* (Martínez-Flórez, González-Gallego y Tuñón ,2002).



Figura 3. *Estructura de la antocianina* (Fuente: <https://quimica.laguia2000.com/elementos-quimicos/antocianinas>).

De los compuestos flavonoides que posee el arándano, los antocianos son los mayoritarios. Estos antocianos representan un 60 % del total de los polifenoles en el arándano maduro, por lo que probablemente sean los principales responsables de los beneficios para la salud que otorgan. Existen numerosos estudios que demuestran estos beneficios en la prevención y curación de enfermedades. Los efectos más destacados se han encontrado en (Kalt et al., 2019):

- Enfermedades cardiovasculares: el incremento en la ingesta de antocianos se relaciona con una reducción de un 25 % en el riesgo de enfermedades de las arterias coronarias, incluido el infarto de miocardio mortal y no mortal, y con una reducción de un 8-10% en el riesgo de hipertensión. En pacientes con hipertensión también se detectó una menor rigidez arterial y tanto la presión arterial sistólica como la diastólica disminuyeron.
- Obesidad: se investigó el potencial de una dieta enriquecida con arándanos silvestres para mejorar el perfil de lípidos en la sangre y modular la expresión de genes relacionados con la homeostasis de los lípidos. Las concentraciones de triglicéridos plasmáticos y colesterol total fueron significativamente más bajas tras su consumo durante 8 semanas. El nivel de colesterol HDL (lipoproteínas de alta densidad), aumentó significativamente, lo que llevó a la reducción de peso corporal. Debido a que la obesidad es el mayor contribuyente en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, el riesgo a su aparición también se vio reducido.
- Diabetes: tanto la prediabetes como la diabetes de tipo 2 se caracterizan por una resistencia a la insulina, que conduce a una absorción de glucosa y metabolismo ineficientes en los tejidos sensibles a la insulina. Una ingesta de flavonoides habitual (flavonoles, flavonas, flavononas, flavan-3-ols y antocianos), en especial de antocianos procedentes de arándanos, proporcionó una reducción del riesgo de estas enfermedades en un 23 % con el consumo de ≥ 2 porciones semanales.
- Cáncer: debido a la alta concentración de antioxidantes que poseen los arándanos, en especial su alto contenido en ácido elágico, que es un polifenol de origen vegetal con una alta capacidad antioxidante, se han atribuido propiedades anticáncer a una dieta rica en arándanos. En el cáncer de mama, los ácidos fenólicos mostraron potencial para alcanzar las células progenitoras en la glándula mamaria, capaces de transformarse en células malignas. En la ingestión de 5-10 % de dieta de arándanos, el tamaño del tumor mostró una regresión

notable. Los genes responsables de la inflamación, el cáncer y la metástasis se redujeron significativamente (Patel, 2014).

El tipo de procesado y método de conservación de los arándanos influye notablemente en la cantidad de compuestos bioactivos que se mantienen en el fruto, y por tanto en la obtención de sus efectos positivos en la salud del consumidor. Puesto que son frutos delicados, a menudo se procesan poco después de la cosecha para preservarlos.

La congelación rápida individual es un medio ampliamente utilizado para conservar los arándanos. Con este método se consigue la retención de vitamina C, fenoles totales, antocianos y capacidad antioxidante. Según Kalt et al. (2019) sólo se produce un 12 % de pérdida de antocianos en los arándanos tras su almacenamiento a -18 °C durante 10 meses. La utilización de una deshidratación térmica convencional puede causar pérdidas significativas en los antocianos, mientras que la liofilización supone un medio excelente para eliminar el agua y preservar la calidad fitoquímica del arándano, y su pérdida en antocianos es dependiente de la temperatura empleada en el tratamiento, con una vida media de 139, 39, y 12 días cuando se almacena a 25, 42 y 60 °C respectivamente.

Las tecnologías no térmicas como los campos eléctricos de alta presión y pulsos, utilizados junto con una conservación en refrigeración, ayudan a retener la vitamina C, compuestos fenólicos totales y antocianos inmediatamente después del procesado.

3.1.2. Producción y consumo

El éxito de los frutos rojos, ha hecho que la producción y consumo de arándano aumente progresivamente. Estos frutos, que ya se consumían de manera tradicional en América del Norte, debido a su gran disponibilidad, actualmente se ofertan durante todo el año en supermercados de toda Europa.

A nivel mundial, Estados Unidos, sigue siendo el mayor productor y también consumidor, con un total de 1,5 kg/ habitante/año, mientras que el consumo promedio de la Europa Continental es de 0,3 kg/habitante/año. Los países europeos con mayor producción de arándanos son: Polonia, Alemania, España, Francia, Italia, Reino Unido, Países Bajos y Portugal. También se ha producido un aumento y expansión de la producción local en países como China, Corea, Japón y el sudeste asiático (García, García y Ciordia, 2007).

En España, Huelva es la provincia con mayor producción de arándano. Antiguamente se dedicaba principalmente al monocultivo de fresa, hasta que en los años 90 hubo una diversificación de cultivo hacia otros berries, como el arándano, mora o frambuesa. El arándano, que contaba con un total de 3 hectáreas de plantación, hoy en día ha aumentado hasta 1000 hectáreas. Gran parte de este cultivo se exporta a países europeos, principalmente a Alemania, Reino Unido, Países Bajos, Francia y Bélgica (Figura 4) (FresHuelva, 2017).

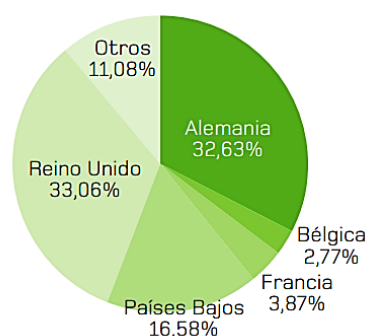


Figura 4. Principales países importadores de arándanos onubenses (Fuente: <https://www.mercasa.es/publicaciones>)

3.1.3. Pérdida de la calidad post-cosecha

Para obtener una calidad óptima del arándano durante su comercialización en los supermercados, se deben adoptar medidas que estén enfocadas en disminuir o retrasar los principales factores de deterioro del fruto tras su recolección. Este deterioro tarda poco en surgir ya que el arándano es un fruto muy perecedero.

En su estado óptimo de maduración y calidad, el arándano presenta un color uniforme, con aspecto “brillante” que le proporciona la capa cerosa que lo rodea, denominada “pruina”. Esta pruina protege al fruto frente a alteraciones como la deshidratación o las pudriciones, y un manejo inadecuado de los frutos durante su conservación puede causar la eliminación de esta barrera protectora, lo que supone una aceleración en el deterioro del fruto. Junto con las pudriciones y la deshidratación, también se produce pérdida de firmeza, de apariencia y de calidad sensorial. Los principales patógenos que pueden atacar a estos frutos son botritis (*Botrytis cinerea*), antracnosis (*Colletotrichum sp.*) y rhizopus (*Rhizopus sp.*) (Deflippi, Robledo y Becerra, 2013) (Figura 5).

Para evitar la aparición temprana de estos signos de deterioro, se recomienda realizar la cosecha del fruto cerca de la madurez de consumo, ya que los atributos organolépticos, en especial el sabor, no mejoran tras la cosecha, aplicar tecnologías de conservación, con un control constante de temperatura y humedad relativa de almacenamiento, y evitar golpes, y manejo brusco durante su manipulación.



Figura 5. Arándanos con *Botrytis cinerea*

(Fuente: <https://www.quimas.cl/pdf/DocStudies/Smilanick%20GENERAL%20OVERVIEW%20Blueberry%20Workshop%2027082018.pdf>).

3.2. Conservación post-cosecha

3.2.1. Refrigeración

Los productos hortofrutícolas poseen distinta sensibilidad a la temperatura, y una exposición a temperaturas indeseables provoca fisiopatías en el fruto, una aceleración en la germinación de esporas y mayor velocidad de crecimiento de patógenos. Por tanto, la elección de una temperatura óptima de almacenamiento es esencial, y va a determinar su calidad post-cosecha, ya que está directamente relacionada con el metabolismo de la fruta.

En la cosecha de los frutos, lo habitual es que se encuentren a temperaturas elevadas, lo que supone que el fruto tiene una alta tasa de respiración. Esto puede afectar la calidad del fruto, produciendo su deshidratación y bajada de acidez. Tras la cosecha, una reducción de esta temperatura es necesaria, ya que, por cada incremento de 10 °C por encima de la temperatura óptima, la velocidad de deterioro se incrementa de dos a tres veces. Según Kader y Pelayo-Zaldivar (2011), el arándano no es un fruto sensible al daño por frío, y, por tanto, la temperatura ideal para su transporte y almacenamiento está entre 0-5 °C, y por debajo de 0 °C podría darse daño por

congelación. Con la elección de la temperatura óptima, se conseguiría una vida útil de 1-2 semanas. Sin embargo, otros estudios, como el de Mitcham, Crisosto y Kader (1998), afirman que temperaturas inferiores a 3 °C causan síntomas en el fruto de apariencia opaca, textura gomosa, y mayor susceptibilidad al deterioro.

3.2.2. Envasado

La utilización de atmósfera modificada en la conservación de los arándanos permite estabilizar la concentración de gases en el interior del envase. Su efecto se aprecia significativamente en la reducción del desarrollo de hongos y pudriciones, obteniendo un mejor resultado con concentraciones de $\text{CO}_2 > 8\%$. Si se aplica atmósfera modificada, es fundamental combinarlo con bajas temperaturas (0 °C).

Este tipo de envase se suele realizar en bolsas de polietileno, que permiten minimizar la pérdida de peso, pero no garantizar el mantenimiento de la capa protectora de la pruina. Actualmente la marca comercial StePac L.A .Ltd ha desarrollado las bolsas Xtend, formadas por varias capas de poliamida, que proporcionan atmósfera modificada/humedad modificada del empaque de arándanos, y al tener alta permeabilidad al vapor de agua, no condensan la humedad y no lavan la pruina (Figura 6). Según StecPac L.A.Ltd esta pruina es un signo fundamental de frescura y afecta positivamente al aspecto de los arándanos y a su conservación durante más tiempo.



Figura 6. *Arándanos conservados en empaque Xtend y en bolsas de polietileno*
(Fuente:<https://www.freshplaza.es/article/9055473/el-empaque-xtend-r-mantiene-la-pruina-de-los-arandanos/>).

3.2.3. Recubrimientos

Un recubrimiento comestible es una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento, habitualmente mediante su inmersión en la solución formadora

del recubrimiento. Estas soluciones formadoras de recubrimientos pueden estar conformadas por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de los mismos (Quintero, Falguera y Aldemar, 2010). Crean una barrera física a los gases, permitiendo modificar la atmósfera interna de la fruta, retrasando la maduración y senescencia.

Los recubrimientos comestibles se utilizan principalmente para luchar contra el crecimiento fúngico y evitar la pérdida de peso. Tras su aplicación, no dejan residuos posteriores, permitiendo un fácil consumo y tienen un impacto positivo en las características físicas del fruto (retención de humedad, brillo, apariencia, firmeza), las características fisiológicas (tasa de respiración y tasa de producción de etileno), y en los atributos bioquímicos (enzimas de degradación de la pared celular) (Prasad et al., 2018). Para formular los recubrimientos, suelen emplearse lípidos, proteínas y polisacáridos, en combinación con aditivos de uso alimentario como plastificantes, emulsificantes, surfactantes, para mejorar la integridad mecánica, calidad y seguridad de los alimentos. Algunos de los más utilizados en arándanos son: el quitosano (polímero de B-1,4-glucosamina) o la cera de abeja.

3.2.4. Tratamientos con 1-metilciclopropeno

El 1-MCP fue descubierto a finales de los años 80 con la investigación realizada por Sisler y colaboradores (Sisler et al., 1999). Actualmente, se permite su aplicación según lo indicado en la Directiva 2006/19/CE de la Comisión del 14 de febrero de 2006 y se comercializa bajo el nombre de SmarthFreshSM. La eficacia de su tecnología ha sido investigada en varios frutos como la manzana, ciruela, pera, tomate y caqui, en los que la aplicación se realiza con dosis recomendadas y en cámaras cerradas de forma estanca.

El 1-MCP, se parece estructuralmente al etileno, se aplica de forma gaseosa por cortos periodos de tiempo, no resulta tóxico y se emplea en dosis muy bajas (del orden de partes por billón) por lo que no deja residuos detectables en los productos (<0,01ppm) (Ku et al., 1999; Fan y Mattheis, 1999). La manera de actuar del 1-MCP consiste en la unión a los receptores del tejido del fruto, provocando un bloqueo del enlace de éstos con el etileno e impidiendo así, la formación de complejos activos durante horas e incluso días hasta que se produce de nuevo la formación de otros receptores de etileno que se regeneran de forma continuada (Sisler et al., 1996). Por lo tanto, la eficacia de la inhibición de la maduración y/o senescencia de frutas y

hortalizas, es función de la concentración de 1-MCP aplicada, hasta la saturación de los sitios de unión. Su aplicación produce un retraso en la maduración organoléptica ya que reduce la pérdida de firmeza, de acidez y de color verde y disminuye la producción de etileno y la respiración. Existen numerosos estudios que confirman el efecto positivo del 1-metilciclopropeno en la vida postcosecha del arándano. Según Xie et al. (2018), el 1-MCP se puede emplear para mantener la calidad postcosecha del arándano ya que disminuye la pérdida de los principales parámetros de textura que se relacionan con la calidad del fruto (firmeza, masticabilidad y gomosidad). Además, este ablandamiento suele llevar a una mayor esporulación de los patógenos fúngicos saprofitos durante los periodos de almacenamiento y comercialización.

4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El Grupo de Investigación Alimentos de Origen Vegetal, representado por los miembros que desarrollan sus actividades en la Facultad de Veterinaria de Zaragoza, participa en el grupo de cooperación “Adaptación a las condiciones agronómicas de Aragón de modelos sostenibles de especies innovadoras de frutos rojos – ARABERRIES” que fue concedido en la convocatoria de subvenciones de apoyo a acciones de cooperación de agentes del sector agrario, en el marco del PROGRAMA DE DESARROLLO RURAL para Aragón 2014-2020.

El objetivo de este grupo es implantar el cultivo de frutos rojos, principalmente de origen silvestre, en parcelas experimentales de zonas de montaña de la comunidad, que se adecuan a los requerimientos del cultivo, potenciando así la economía rural y la producción sostenible. Además, la influencia de la temperatura, altitud, precipitaciones e intensidad de la radiación, entre otros factores ambientales, en la producción de metabolitos secundarios ha sido estudiada en profundidad, resultando en algunos casos en un aumento de estos, lo que otorga un valor añadido a los productos cultivados en estas áreas.

Así, mientras se obtienen las primeras producciones debemos familiarizarnos con la evaluación de la calidad y el manejo postcosecha de estos frutos, así como determinar la calidad nutricional de variedades comerciales para posteriormente poder compararla con la de los frutos cultivados en las parcelas experimentales. Además, como se ha explicado a lo largo de la introducción, existe la necesidad de ensayar diferentes estrategias para aumentar la vida útil de los frutos.

Por ello, se estableció como **objetivo general** el estudio de la calidad global (físico-

química, microbiológica, nutricional y organoléptica) y el aumento de la vida útil del arándano mediante la aplicación de dos recubrimientos comestibles comerciales, GLP y Naturcover, y de un inhibidor de la acción del etileno, el 1-metilciclopropeno.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Material

5.1.1. Arándanos

Se utilizaron arándanos frescos de la variedad Windsor, suministrados por la empresa Intercom (Huelva, España) recolectados a mediados de marzo de 2019.

Estos arándanos fueron seleccionados previo al desarrollo del estudio, para obtener lotes homogéneos, y eliminar aquellos que presentasen defectos apreciables y desarrollo de podredumbres fúngicas.

5.1.2. Recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles empleados en este trabajo fin de grado fueron dos recubrimientos comerciales ampliamente utilizados en la industria frutícola, concretamente en cítricos, fruta de hueso y uva de mesa: Naturcover®, comercializado por Decco Ibérica, y Teycer® C GLP, desarrollado por Tecnidex.

El recubrimiento Naturcover® está formulado en base a sucroésteres de ácidos grasos y otros aditivos alimentarios y se utiliza en el tratamiento postcosecha de fruta ya que es un antioxidante natural que no altera la apariencia de las frutas, retrasa procesos de envejecimiento, alarga la vida útil del fruto, reduce la pérdida de agua, y supone una barrera física a agentes patógenos. Su aplicación se realiza en baños, spray o cepillos con secado posterior (Díaz, 2018).

El uso de goma laca como recubrimiento también es habitual en frutos climatéricos ya que posee buenas cualidades de aislamiento de la humedad. Se trata de una resina que segrega el insecto lac, procedente de India y Tailandia, que, tras ser procesado en escamas secas, es disuelto en alcohol desnaturalizado para obtener la laca líquida (Gómez, 2011). Teycer® C GLP contiene cera de polietileno oxidada (E-941) y goma laca (E-904), aditivos que permiten mejorar el aspecto del fruto, incrementando su

brillo, evita pérdidas de peso y retrasando el envejecimiento, por reducción de la transpiración y la respiración (Tecnidex, 2017).

5.1.3. 1-metilciclopropeno

El 1-metilciclopropeno fue suministrado por la empresa Agrofresh bajo la marca comercial Smartfresh®. El producto se comercializa en pastillas que en el momento de su aplicación deben mezclarse con un líquido activador que facilita la liberación al ambiente del principio activo. En función de la dosis a aplicar y del volumen del recipiente de aplicación se ajusta el número de pastillas a emplear.

5.1.4. Bolsas de alta humedad

Las bolsas de alta humedad que se emplearon para la conservación de los arándanos fueron suministradas por la empresa Lifepack. Se tratan de envases activos de alta permeabilidad, que interactúan con los frutos que contienen, modificando la atmósfera interna, que absorben el etileno responsable de la senescencia del fruto y ayudan a prolongar la vida útil del arándano.

5.1.5. Ácido hipocloroso

El ácido hipocloroso es un ácido que se forma cuando el cloro se disuelve en agua. Su modo de acción se basa en su capacidad oxidante. En presencia de materia orgánica, es altamente reactivo, oxidando muchos de los grupos funcionales. Tiene la capacidad de destruir microorganismos, aunque su efectividad depende de la cantidad de cloro residual libre, es decir del ácido hipocloroso restante después de reaccionar con la materia orgánica presente en el agua. Tras su reacción con la materia orgánica forma cloro gas y trihalometanos (Garmendia y Vero, 2015).

5.2. Desarrollo experimental

Tras la recepción de los arándanos y su selección, se procedió a preparar 11 lotes (Figura 7), a los cuales se les aplicaron distintos tratamientos para poder evaluar su efecto sobre la calidad postcosecha del fruto. Estos lotes estaban formados por: arándanos frescos sin ningún tipo de tratamiento (control), un lote conservado en bolsas de alta humedad (Lifepack), arándanos desinfectados con ácido hipocloroso (100 ppm), frutos tratados con MCP (1000 ppm) o con MCP (2000 ppm), frutos recubiertos con GLP®, frutos recubiertos con Naturcover®, frutos tratados con MCP (1000 ppm y 2000

ppm) y recubiertos con GLP y frutos tratados con MCP (1000 ppm y 2000 ppm) y recubiertos con Naturcover®. Todos los lotes, excepto el conservado en bolsas de alta humedad, se envasaron en barquillas de polipropileno con tapa (250 mL) y se conservaron a 6 °C (temperatura de comercialización).

El **recubrimiento GLP®** se aplicó a los frutos mediante pulverización en una relación de 35 mL de recubrimiento por cada 900 gramos de arándanos. Para aplicar adecuadamente el recubrimiento, se extendieron los arándanos en unas mallas metálicas para poder voltearlos y que el producto cubriese todo el fruto además de ayudar a drenar el exceso de recubrimiento. El **recubrimiento Naturcover®** se aplicó a una concentración del 2,5 % en agua destilada, esterilizada previamente. Del mismo modo que para el recubrimiento GLP, éste se aplicó mediante pulverización sobre mallas metálicas utilizando 40 mL de recubrimiento por cada 900 gramos de arándanos. Una vez aplicados los recubrimientos sobre los frutos, se dejaron secar 30 minutos a temperatura ambiente y posteriormente se refrigeraron y se envasaron en barquillas de polipropileno con tapa que se conservaron a 6 °C (temperatura empleada habitualmente para la comercialización de los arándanos), hasta el fin de su vida útil.

Los **tratamientos con 1-metilciclopropeno** que se aplicaron sobre los frutos fueron de 1000 y 2000 ppm. Una vez refrigerados, los lotes de arándanos se introdujeron en recipientes de 130 L de capacidad. Para obtener las concentraciones deseadas en función del volumen libre que quedaba en los recipientes se siguieron las recomendaciones indicadas por el suministrador del producto comercial. En ambos casos, se añadieron 15 mL de solución activadora en un vaso de precipitados, en la que se disolvió una pastilla activadora y posteriormente las pastillas de 1-MCP correspondientes. Para facilitar la difusión al recipiente contenedor de las pastillas se le acopla un pequeño ventilador (Figura 8). Inmediatamente los recipientes se cerraron herméticamente durante las 16 horas que duró el tratamiento. Una vez finalizado éste, se sacaron las muestras de los recipientes y se conservaron a 6 °C o se trataron con los recubrimientos correspondientes tras lo cual se envasaron en barquillas de polipropileno de 250 mL de capacidad.

Figura 8. *Aplicación de los tratamientos con 1-metilciclopropeno*



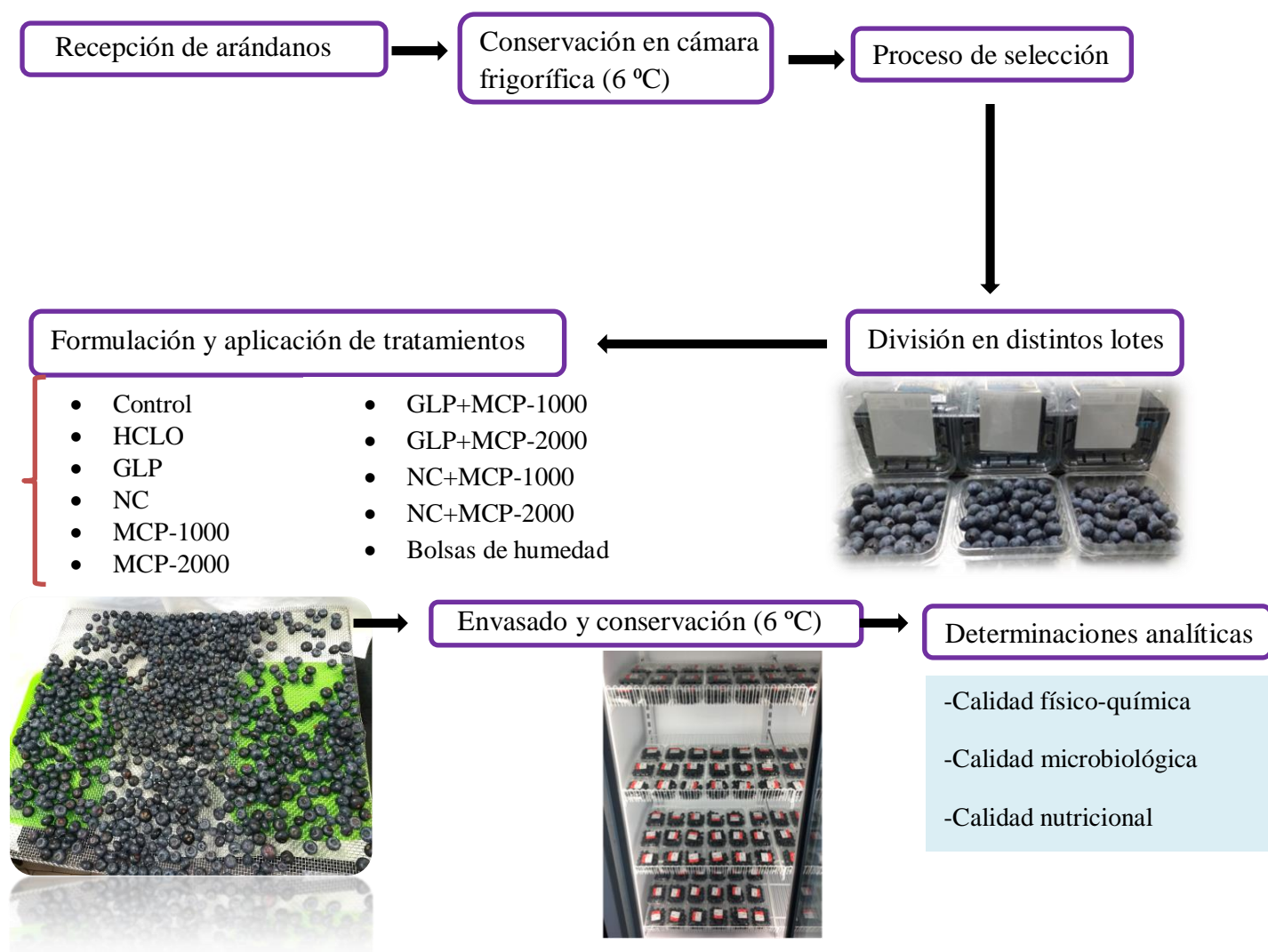


Figura 7. Desarrollo experimental

Cada 7 días se procedió a la determinación de distintos parámetros físico-químicos (pérdida de peso, grado de deshidratación, sólidos solubles totales, pH, acidez, color y firmeza), nutricionales (fenoles, flavonoides, antocianos, NEPAs, y capacidad antioxidante) y microbiológicos (porcentaje de podredumbres, recuento de mesófilos aerobios totales, mohos y levaduras).

5.3. Metodología

5.3.1. Calidad físico-química

a) Pérdida de peso

Para determinar la pérdida de peso, se utilizó una balanza. Se realizó la pesada de tres bandejas de cada lote, y se anotó dichos pesos en cada una de las bandejas como peso en tiempo inicial (T0). En cada punto de control siguiente (T7, T14, T21, T26,

T28) se volvió a tomar los pesos de dichas bandejas, y se calculó el % de pérdida de peso tras el paso del tiempo (peso bandeja T0-peso bandeja en el siguiente punto control)/peso bandeja T0 *100.

b) Grado de deshidratación

Los arándanos fueron clasificados en cuatro grupos según su grado de deshidratación, utilizando de referencia la escala que aparece en la Figura 9. La aceptabilidad del lote siguió el siguiente criterio establecido:

- Si el grado es ≤ 2 se considera aceptable.
- Si el grado se encuentra entre 2-2.5 será leve.
- Si el grado es > 2.5 será rechazado por deshidratación moderada a intensa.



Figura 9. *Grado de deshidratación de los arándanos* (Garcilazo, 2015).

c) Sólidos solubles, pH y acidez

-Sólidos solubles

El contenido en azúcares totales de los arándanos se obtuvo gracias al refractómetro digital. Para ello, se preparó un zumo de cada lote, y se utilizó una gota para la obtención del cociente total de sacarosa disuelta en el líquido, expresado en grados Brix. Esta medición se realizó por triplicado en cada lote (Figura 10).

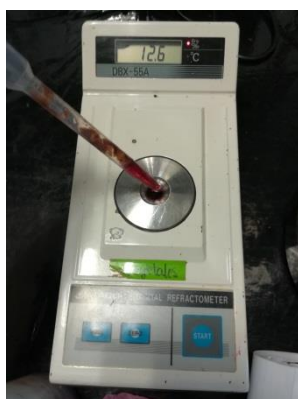


Figura 10. *Medición de sólidos solubles totales con refractómetro.*

-pH

Una vez licuados los arándanos de cada lote, se pesó 1 gramo de cada zumo y se introdujo en un vaso. Esto se realizó por triplicado en cada lote. Este zumo fue diluido con 99 mL de agua, y con un titulador automático Crison Compact Titrator se obtuvieron los resultados de pH de cada zumo y los mL de NaOH consumidos durante la valoración de cada zumo (Figura 11).



Figura 11. Titulador automático Compact Titrator.

-Acidez

La acidez característica del arándano es causa de su contenido en ácidos orgánicos, como el ácido cítrico, con el que se determinó la acidez total del fruto, ya que es el ácido mayoritario en el arándano. Los resultados se expresaron en g de ácido cítrico/ L muestra.

$$\text{Acidez Total (g ácido cítrico/L)} = \frac{V \text{ NaOH} \times C \times F \times M}{V \text{ muestra}}$$

Dónde:

V: Volumen de gasto de la solución NaOH estandarizada.

C: Concentración de la solución NaOH estandarizada (0,1 mol/L).

F: Factor estequiométrico entre la muestra y el titrante.

M: Peso molecular del ácido mayoritario (ácido cítrico: 192,124 g/L).

V: Volumen de la muestra

-Color

Se emplearon 6 frutos representativos de cada lote para determinar las coordenadas CIElab. Los valores de las coordenadas de color de la Comisión Internationale de l'Eclairage (CIE) se describen como:

- Tonos amarillos (b^{*+}), o matices azules (b^{*-}).
- Tonos rojizos (a^{*+}), o tonos verdes (a^{*-}).
- Claridad (L^*), luminosidad del estímulo juzgada con relación a luminosidad de otro estímulo que consideramos el blanco.

Las muestras se analizaron mediante el software Matrox Inspector 8.0 (Matrox Electronic Systems Ltd, Dorval, Canadá) previamente escaneadas (HP SCanjet G4010, 1200 ppp de resolución). Las medidas de reflexión se han efectuado en el rango de longitudes de onda correspondientes a la región del espectro visible e infrarrojo (de 360 nm a 900 nm). Mediante la selección de una región óptica de interés (ROI) en las imágenes escaneadas de cada una de las muestras de arándano, se obtuvieron las coordenadas promedio R, G, B, que han sido utilizadas para calcular las coordenadas CIElab correspondientes al ROI seleccionado.

A partir de dichas coordenadas se calcularon las diferencias de color entre las distintas muestras mediante la siguiente fórmula propuesta por la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) de 2004:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2)} = \sqrt{(a^*m - a^*ref)^2 + (b^*m - b^*ref)^2 + (L^*m - L^*ref)^2}$$

Donde ΔE^{*ab} es la diferencia de color entre las muestras, m es la muestra que se quiere comparar, y ref es la muestra de referencia.

Por último, el criterio para decidir si la diferencia de color entre las muestras es apreciable al ojo humano, se basa en:

$\Delta E^{*ab} < 3$: diferencias de color entre muestras no apreciables por el ojo humano.

$\Delta E^{*ab} > 3$: diferencias de color entre muestras apreciables por el ojo humano.

-Firmeza

Se realizaron ensayos de punción mediante el texturómetro TA-XT (Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido), con una sonda cilíndrica de 2 mm de diámetro, a una velocidad de penetración de 0,5 mm/segundo (Figura 12). De cada lote, se llevaron a cabo 30 repeticiones de dicha prueba, y los resultados se expresaron en fuerza máxima que ejerce el equipo para penetrar cada fruto (g).

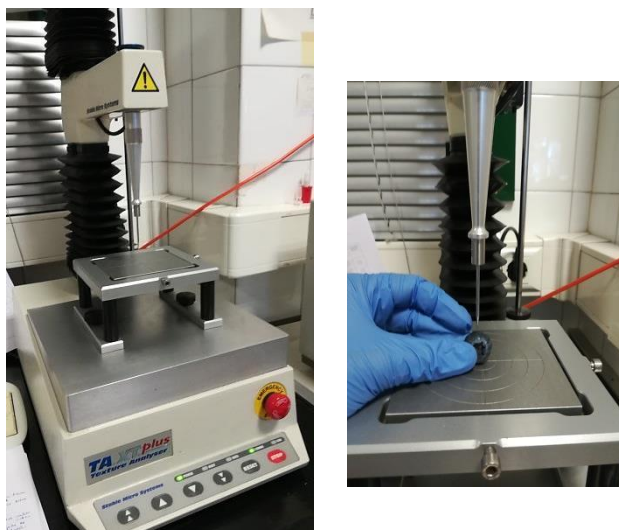


Figura 12. Medida de la textura con el texturómetro.

5.3.2. Calidad microbiológica

a) Recuentos microbiológicos

Para realizar el recuento de la carga microbiana de los frutos, tanto la inicial, como a lo largo de su tiempo de conservación, se tomaron 2 arándanos de cada lote (superficie 10 cm²arándano), y junto con 80 mL de agua de peptona 0,1 % se homogeneizaron en el Vibromatic durante 3 minutos a 520 rpm(revoluciones por minuto). A continuación, se prepararon las diluciones seriadas en tubos de 9 mL de agua de peptona 0,1 %. Estas determinaciones se realizaron por triplicado.

El análisis de **mesófilos aerobios totales** se realizó en medio agar PCA (Plate Count Agar) mediante siembra en superficie de 0,1 mL de inóculo de la dilución correspondiente. Las placas se incubaron durante 24-48 horas, a 30 °C.

El análisis de **mohos y levaduras** se realizó en medio DRBC (Diclorán Rosa de Bengala y Cloranfenicol) mediante la siembra en superficie de 0,1 mL de inóculo de la dilución correspondiente. Las placas se incubaron durante 7 días a 25 °C.

b) Porcentaje de podredumbres

Con el transcurso de tiempo, se desarrollaron podredumbres en los arándanos (Figura 13). En cada uno de los puntos de control, se realizó un recuento de todos los arándanos que presentaban podredumbres de cada una de las cajas perteneciente a cada lote. Los resultados se expresaron en % de podredumbre en arándanos.



Figura 13. *Arándanos con podredumbres.*

5.3.3. Calidad nutricional

Lo primero que se realizó fue la extracción de los compuestos fenólicos de cada uno de los lotes. Para ello, en primer lugar se extrajeron los **compuestos fenólicos libres** por intercambio de materia sólido-líquido hacia solventes orgánicos, mediante el siguiente procedimiento:

- Pesar 3 réplicas de 3 gramos de muestra en tubos Falcon de 50 mL.
- Añadir 10 mL del solvente adecuado (etanol: agua 80:20 (v:v))
- Homogeneizar con el ultraturrax 30 segundos.
- Centrifugar los tubos a 4000 rpm/15 min a 4 °C.
- Retirar el sobrenadante en otro tubo y mantener en congelación.

Del residuo generado en esta primera extracción se recuperan **los compuestos fenólicos insolubles**, es decir los compuestos fenólicos ligados a otras sustancias de la muestra, mediante una metanólisis ácida:

- Añadir 10 mL de metanol acidificado con HCL(1N) al 10 % al pellet procedente de la extracción anterior
- Homogeneizar en el vortex durante 30 segundos.
- Incubar a 85 °C/60 minutos y enfriar en hielo.
- centrifugar a 4000 rpm/15 minutos a 4 °C.
- combinar los sobrenadantes y evaporar hasta sequedad en rotavapor a 35 °C (Figura 14) y recuperar el depósito con EtOH 80% y llevarlo a un volumen final de 25 mL.



Figura 14. *Evaporación en rotavapor de sobrenadantes (35 °C).*

a) Extracción y cuantificación de proantocianidinas no extraíbles (NEPAs).

Por último, se obtuvieron las **proantocianidinas no extraíbles (NEPAs)** del pellet de la extracción anterior, mediante un proceso de butanólisis ácida mediante la adición de 5 mL de butanol acidificado con HCl 37 % y 0,07 % FeCl_3 al pellet, homogeneizados y llevados a 100 °C durante 1 hora, y enrasados a 25 mL. La absorbancia fue medida a 530 nm, y los resultados se expresaron como equivalentes de cianidina ($\text{PM}=340,5$ g/mol; $\epsilon=34700$ L/mol cm) a partir de la ecuación de Beer-Lambert.

Una vez obtenidos los extractos, se pueden realizar los ensayos para cuantificar los compuestos fenólicos totales, flavonoides y su actividad antioxidante:

b) Compuestos fenólicos totales

Se siguió el método Folin-Ciocalteu, descrito por Singleton, Othofer y Lamuela-Raventos (1999). En este método se procede de la siguiente forma:

- Se hace reaccionar el reactivo de fosfomolibdato con cada uno de los extractos y con carbonato de sodio.
- Se homogeneiza la mezcla y se incuba a temperatura ambiente y oscuridad durante 1 hora.
- Se mide la absorbancia de la muestra a 760 nm utilizando un espectrofotómetro (Unicam; Waltham, USA).
- Se extrapolan los resultados a partir de la recta patrón elaborada con ácido gálico.
- Estos resultados fueron expresados en mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100 g de peso fresco.

c) Flavonoides

Se utilizó el método propuesto por Iacopini (2010). Se trata de un ensayo colorimétrico realizado en los extractos obtenidos anteriormente. Para ello, se hizo

reaccionar NaNO_2 al 5% con AlCl_3 al 10% y NaOH 1M. A continuación, se midió la absorbancia de la mezcla a 510 nm. Para extrapolar los resultados de la concentración de los compuestos presentes en la muestra se realizó una recta de calibrado empleando catequina como patrón, por considerarse el flavonoide mayoritario en frutas.

d) Antocianos totales

Para su determinación se realizó el siguiente procedimiento (Figura 15):

-Se trituraron 3 gramos de muestra, por triplicado y se homogeneizaron con 10 mL MeOH acidificado al 1% con HCl 0,5 N y 0,1 g ácido ascórbico.

-Los extractos en frío se maceraron y posteriormente se agitaron durante 5 minutos.

-Se filtraron a vacío, y se re-extractaron tres veces con 5 mL MeOH acidificado.

-Por último, se enrasaron a 25 mL con MeOH acidificado.

Mediante un barrido espectrofotométrico, se determinó el máximo de absorción de los extractos, que resultó ser a 525 nm, que corresponde a la longitud de onda donde mayor cantidad de luz adsorbe la cianidina 3-O-glucósido ($\text{PM} = 449,2 \text{ g/mol}$; $e = 29600 \text{ L/mol cm}$), que es por tanto el antociano mayoritario en las muestras. Para expresar el resultado en mg de equivalentes de cianidina 3-O-glucósido (CGE)/100 g peso fresco se empleó la Ley de Beer-Lambert:

$$C \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \frac{ABS * Pm \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) * V_{\text{extracto}} (\text{mL}) * 100 * Fd}{e (\text{L/molcm}) * L * \text{masa muestra} (\text{g})}$$

Dónde:

ABS: valor lectura de absorbancia de la muestra

Masa muestra: cantidad pesada para la extracción (g)

Fd: factor de dilución si procede

E: absortividad molar del compuesto (L/mol cm)

L: paso óptico (cm)

V extracción: volumen final empleado en la extracción (25 mL)

P.M.: peso molecular del compuesto (g/mol)



Figura 15. *Determinación de los antocianos totales.*

e) Actividad antioxidante

La determinación de la actividad antioxidante se realizó siguiendo el método del DPPH (radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidrazil). El DPPH es un radical libre de color morado, que va cambiando a amarillo conforme reacciona con los compuestos con actividad antioxidante presentes en la muestra. Esta reacción colorimétrica permite cuantificarlos y expresar el resultado en μg Trolox/peso de la muestra previa calibración del ensayo.

El protocolo de trabajo descrito por Llorach et al.,(2004) fue modificado para su desarrollo. El procedimiento utilizado fue el siguiente:

- Se mezclaron 900 μl de los extractos fenólicos, en la correspondiente dilución, junto con 900 μl de solución de radical libre DPPH 133 mM.
- Dicha mezcla se agitó, y se incubó durante dos horas y media en oscuridad, lo que permitió el completo desarrollo del color. Finalmente, se midió la absorbancia a 515 nm. Los resultados se expresaron en μmol Trolox/100 g de peso fresco.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Calidad físico-química

6.1.1. Pérdida de peso y grado de deshidratación

La **pérdida de peso** se considera uno de los principales parámetros de pérdida de calidad en los arándanos. Debido a que es un fruto que posee una alta relación

superficie: volumen, una pérdida de peso superior al 5 % denota un notable deterioro del fruto (Godoy, 2004). Como muestra la Figura 16, tras la conservación de los arándanos durante 21 días a 6 °C, los arándanos que mayor pérdida de peso presentaron en orden de mayor a menor, fueron los siguientes: GLP, HCLO, Control, NC+MCP-2000, MCP-2000 y NC, todos ellos con una pérdida de peso superior al 5 %. Los lotes que menor pérdida mostraron, siendo esta inferior al 5 %, fueron: MCP-1000, NC+MCP-1000, GLP+MCP-2000, GLP+MCP-1000 y el conservado en bolsas de alta humedad. Tras los 28 días de conservación, ninguno de los lotes superó el 10 % de pérdida de peso. Por tanto, la conservación de los arándanos en bolsas de alta humedad supone una menor pérdida de peso durante la conservación, mientras que el uso de recubrimientos como el GLP y Naturcover únicamente supone una disminución de su pérdida de peso cuando se combinan con tratamientos como el 1-MCP.

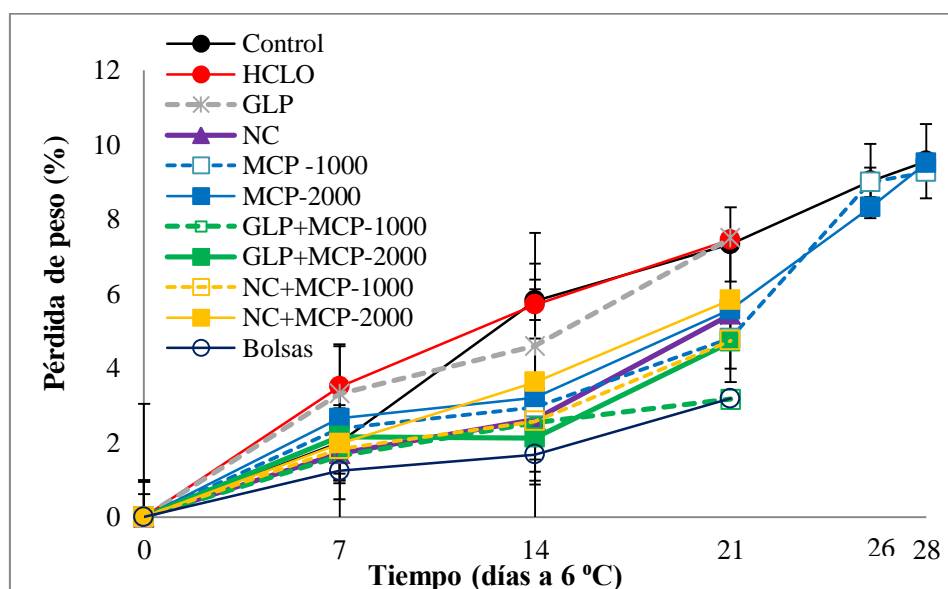


Figura 16. Pérdida de peso (%) de los distintos lotes de arándanos durante su conservación a 6 °C. Sin tratamiento: Control, Desinfectado con ácido hipocloroso: HCLO, envasado en bolsas de alta humedad: Bolsas, recubierto con GLP al 2,8 %: GLP, recubierto con Naturcover al 2,5 %: NC, tratado con 1-MCP (1000 ppm): MCP-1000, tratado con 1-MCP (2000 ppm): MCP-2000, recubierto con GLP y tratamiento con 1-MCP (1000 ppm): GLP+MCP-1000, recubierto con GLP y tratamiento con 1-MCP (2000 ppm): GLP+MCP-2000, recubierto con Naturcover y tratamiento con 1-MCP (1000 ppm): NC+MCP-1000, recubierto con Naturcover y tratamiento con 1-MCP (2000 ppm): NC+MCP-2000.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de **grado de deshidratación** total de cada lote, una vez ponderado el porcentaje de frutos correspondiente en cada grado de la escala de deshidratación utilizada para la clasificación de los arándanos. La deshidratación se hizo manifiesta a los 14 días de conservación. Si tenemos en cuenta el criterio de aceptabilidad (<2 aceptable), los lotes de arándanos conservados durante 14

días tendrían una deshidratación aceptable, pero tras 21 días, todos poseerían una deshidratación leve (2-2,5), con excepción del lote HCLO, que sería rechazado (>2,5). A los 28 días de conservación, los lotes MCP-1000 y MCP-2000 mantendrían una deshidratación leve, y el lote control sería rechazado.

Tabla 2. Grado de deshidratación de los distintos lotes de arándano conservados a 6 °C

Tiempo (días)	Tratamiento *										
	Control	HCLO	GLP	NC	MCP-1000	MCP-2000	GLP+MCP-1000	GLP+MCP-2000	NC+MCP-1000	NC+MCP-2000	Bolsas
14	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,7	1,7	1,6	1,8	1,5
21	2,3	3,5	2,3	2,2	2,3	2,3	2,2	2,1	2,1	2,3	2,2
26	3,3	-	-	-	2,3	2,3	-	-	-	-	-
28	3,0	-	-	-	2,4	2,5	-	-	-	-	-

*Sin tratamiento: Control, Desinfectado con ácido hipocloroso: HCLO, envasado en bolsas de alta humedad: Bolsas, recubierto con GLP al 2,8 %: GLP, recubierto con Naturcover al 2,5 %: NC, tratado con 1-MCP (1000 ppm): MCP-1000, tratado con 1-MCP (2000 ppm): MCP-2000, recubierto con GLP y tratamiento con 1-MCP (1000 ppm): GLP+MCP-1000, recubierto con GLP y tratamiento con 1-MCP (2000 ppm): GLP+MCP-2000, recubierto con Naturcover y tratamiento con 1-MCP (1000 ppm): NC+MCP-1000, recubierto con Naturcover y tratamiento con 1-MCP (2000 ppm): NC+MCP-2000.

6.1.2. Sólidos solubles, pH y acidez

En la Tabla 3 se detallan los resultados obtenidos para el contenido en sólidos solubles totales (SST), pH, acidez total y color (coordenadas CIELab y variación de color) de los distintos lotes de arándano conservados a 6 °C.

El contenido en **sólidos solubles totales (SST)** inicial del lote control es de 11,5 °Brix, mientras que al final de su vida útil es de 13,2 °Brix. Este es el lote que mayor variación presenta con el paso de tiempo. El resto de lotes, aumentan ligeramente su contenido en sólidos solubles.

La **variación de pH** con el tiempo fue prácticamente imperceptible, excepto en los lotes tratados con 1-MCP, cuyo pH fue aumentando progresivamente, presentando al final de su vida útil valores de 3,7 (MCP-1000) y 3,3 (MCP-2000).

La **acidez total titulable**, expresada en g de ácido cítrico/L fue de 12 g en el día 0. Este valor fue disminuyendo a lo largo de la vida útil del fruto.

Tabla 3. Evolución de los sólidos solubles totales (SST), pH, acidez total, coordenadas de color (L* y b*) y variación de color (AE) en los distintos lotes de arándano conservados a 6 °C.

Tiempo (días)	Lotes*	SST (°Brix)	pH	Acidez total (g de cítrico/L)	L*	b*	AE
0	Control	11,5 ± 0,1	3,6 ± 0,0	12 ± 0,6	40,5 ± 2,1	-5,1 ± 0,5	-
	GLP	-	-	-	30,1 ± 3,5	-3,2 ± 0,7	10,6
	NC	-	-	-	34,2 ± 2,8	-3,6 ± 0,5	6,6
7	Control	12 ± 0,1	3,4 ± 0,0	9,3 ± 0,2	34,1 ± 1,6	-3,5 ± 0,6	
	HClO	11,4 ± 0,2	3,7 ± 0,2	11,4 ± 6,2	32,8 ± 1,3	-2 ± 0,6	2,0
	GLP	12,1 ± 0,0	2,9 ± 0,6	6 ± 0,4	29,7 ± 1,9	-1,9 ± 0,4	1,4
	NC	11,9 ± 0,2	2,8 ± 0,5	10,9 ± 2,1	33,9 ± 1,4	-3,1 ± 0,7	0,6
	MCP-1000	12,7 ± 0,1	2,8 ± 0,4	8,4 ± 0,5	32,6 ± 1,7	-3,9 ± 0,5	7,9
	MCP-2000	12,8 ± 0,1	3,1 ± 0,8	8,3 ± 1,1	32,8 ± 1,6	-3,5 ± 0,5	7,9
	GLP+MCP-1000	12,5 ± 0,0	2,6 ± 0,5	6 ± 1,3	29,3 ± 2,9	-2,8 ± 0,5	0,9
	GLP+MCP-2000	12,4 ± 0,1	2,6 ± 0,4	8,2 ± 0,3	29,9 ± 2,6	-2,00 ± 0,6	1,2
	NC+MCP-1000	12,8 ± 0,1	3,3 ± 0,8	7,4 ± 0,8	31,6 ± 0,1	-3,3 ± 0,7	2,6
	NC+MCP-2000	12,4 ± 0,2	2,8 ± 0,5	7,1 ± 0,3	33,5 ± 1,5	-3,5 ± 0,4	0,8
	Bolsas	11,0 ± 0,0	2,9 ± 0,3	11,1 ± 1,2	32,6 ± 2,2	-3,6 ± 0,4	8,2
14	Control	12,6 ± 0,1	3,2 ± 0,2	7,5 ± 0,4	34,4 ± 1,1	-3,8 ± 0,3	0,5
	HClO	12,5 ± 0,0	3,9 ± 0,8	8 ± 0,6	34,9 ± 1,6	-2,5 ± 0,4	1,3
	GLP	11,9 ± 0,1	2,8 ± 0,3	7,5 ± 2,2	31,4 ± 1,3	-3,1 ± 0,5	1,3
	NC	11,8 ± 0,1	2,7 ± 0,7	6,8 ± 1,2	32,9 ± 1,3	-3,8 ± 0,6	1,4
	MCP-1000	12,7 ± 0,0	2,7 ± 0,3	7,5 ± 0,6	33,4 ± 1,7	-3,9 ± 0,5	7,3
	MCP-2000	12,8 ± 0,3	3,1 ± 0,3	7,1 ± 0,4	34,7 ± 1,6	-4,03 ± 1,2	6
	GLP+MCP-1000	12,3 ± 0,1	2,8 ± 0,5	8,5 ± 2,2	30,3 ± 1,7	-4,2 ± 1,5	1
	GLP+MCP-2000	12,3 ± 0,1	3,1 ± 0,1	8 ± 0,2	31,4 ± 1,2	-3,4 ± 1	1,4
	NC+MCP-1000	12,7 ± 0,0	2,6 ± 0,5	6,2 ± 0,4	32,3 ± 1,9	-3,9 ± 0,6	2
	NC+MCP-2000	12,1 ± 0,1	3 ± 0,1	6,2 ± 0,5	33,7 ± 1,5	-3,8 ± 0,3	0,7
	Bolsas	10,6 ± 0,1	2,9 ± 0,7	7,2 ± 2,9	32,3 ± 1,8	-4,2 ± 0,1	7,4
21	Control	12,7 ± 0,1	3,2 ± 0,2	8,7 ± 0,6	33,2 ± 2,3	-3,2 ± 0,9	0,9
	MCP-1000	12,5 ± 0,1	2,8 ± 0,3	7,2 ± 1,2	33,9 ± 1,4	-3,59 ± 0,6	6,8
	MCP-2000	12,3 ± 0,1	2,5 ± 0,4	6,7 ± 1,2	31,5 ± 2,5	-3,67 ± 0,5	8,5
26	Control	12,5 ± 0,2	3,7 ± 0,0	9,5 ± 0,2	35,3 ± 1,9	-3,5 ± 0,9	1,1
	MCP-1000	11,6 ± 0,1	3,9 ± 0,1	9 ± 1,6	33,7 ± 2,1	-3,9 ± 0,5	7,0
	MCP-2000	12,6 ± 0,0	4 ± 0,1	8,9 ± 0,1	35,4 ± 1,7	-3,6 ± 0,9	5,5
28	Control	13,2 ± 0,1	3,7 ± 0,1	9 ± 0,7	35,6 ± 1,0	-3,2 ± 1,3	1,6
	MCP-1000	12,4 ± 0,2	3,7 ± 0,3	9,1 ± 1,5	32,9 ± 0,9	-3,4 ± 3,3	7,7
	MCP-2000	13,4 ± 0,1	3,3 ± 0,2	9,0 ± 2,8	32,1 ± 0,2	-3,7 ± 1,2	8,6

*Sin tratamiento: Control, Desinfectado con ácido hipocloroso: HClO, envasado en bolsas de alta humedad: Bolsas, recubierto con GLP al 2,8 %: GLP, recubierto con Naturcover al 2,5 %: NC, tratado con 1-MCP (1000 ppm): MCP-1000, tratado con 1-MCP (2000 ppm): MCP-2000, recubierto con GLP y tratamiento con 1-MCP (1000 ppm): GLP+MCP-1000, recubierto con GLP y tratamiento con 1-MCP (2000 ppm): GLP+MCP-2000, recubierto con Naturcover y tratamiento con 1-MCP (1000 ppm): NC+MCP-1000, recubierto con Naturcover y tratamiento con 1-MCP (2000 ppm): NC+MCP-2000.

6.1.3. Color

La Tabla 3 también recoge las coordenadas CIElab y la variación de color de los distintos lotes conservados a 6 °C. En general, los lotes no presentan grandes diferencias en las coordenadas de color con respecto al lote Control, excepto en los lotes con recubrimientos con GLP (GLP, GLP+MCP-1000 y GLP+MCO-2000) donde sí se pueden observar diferencias más sustanciales en las coordenadas de color con respecto al lote Control. En el lote GLP la aplicación del recubrimiento produce un notable aumento de b^* ($-3,2 \pm 0,7$) y una disminución de L^* ($30,1 \pm 3,5$), que indica un oscurecimiento del fruto y un tono azul menos intenso. Esto es efecto de la pérdida de pruina que produce este recubrimiento. Ya que, aunque la aplicación de recubrimientos no siempre supone un cambio en el color del arándano, en aquellos tratamientos que suponen una eliminación de la capa cerosa protectora del arándano se puede observar mayor cambio en el aspecto y apariencia del fruto (Abanto, 2018). La diferencia de color (ΔE) son notables también en este lote GLP tras su aplicación, ya que presenta valores de $\Delta E > 3$, que significa que son apreciables por el ojo humano, aunque esta diferencia disminuye con el tiempo de conservación. También se observan $\Delta E > 3$ en los lotes MCP-1000 y MCP-2000 y Bolsas.

6.1.4. Firmeza

En la Figura 17 aparecen reflejados los resultados del análisis de firmeza y elasticidad de los distintos lotes de arándano conservados a 6 °C. Si analizamos los resultados del día 14 de conservación de los distintos lotes de arándanos, se puede observar un aumento de la firmeza en todos los lotes de arándanos con respecto al lote control en T0, siendo el lote NC el que mayor firmeza tiene. En el caso de la elasticidad, el mismo fenómeno ocurre, pues aumenta en todos los lotes con el tiempo. Este aumento de firmeza en los lotes se hace más evidente a partir del día 14 lo que se puede relacionar con la deshidratación de los frutos (epígrafe 6.1.1.) que también se hace más evidente a partir de la segunda semana.

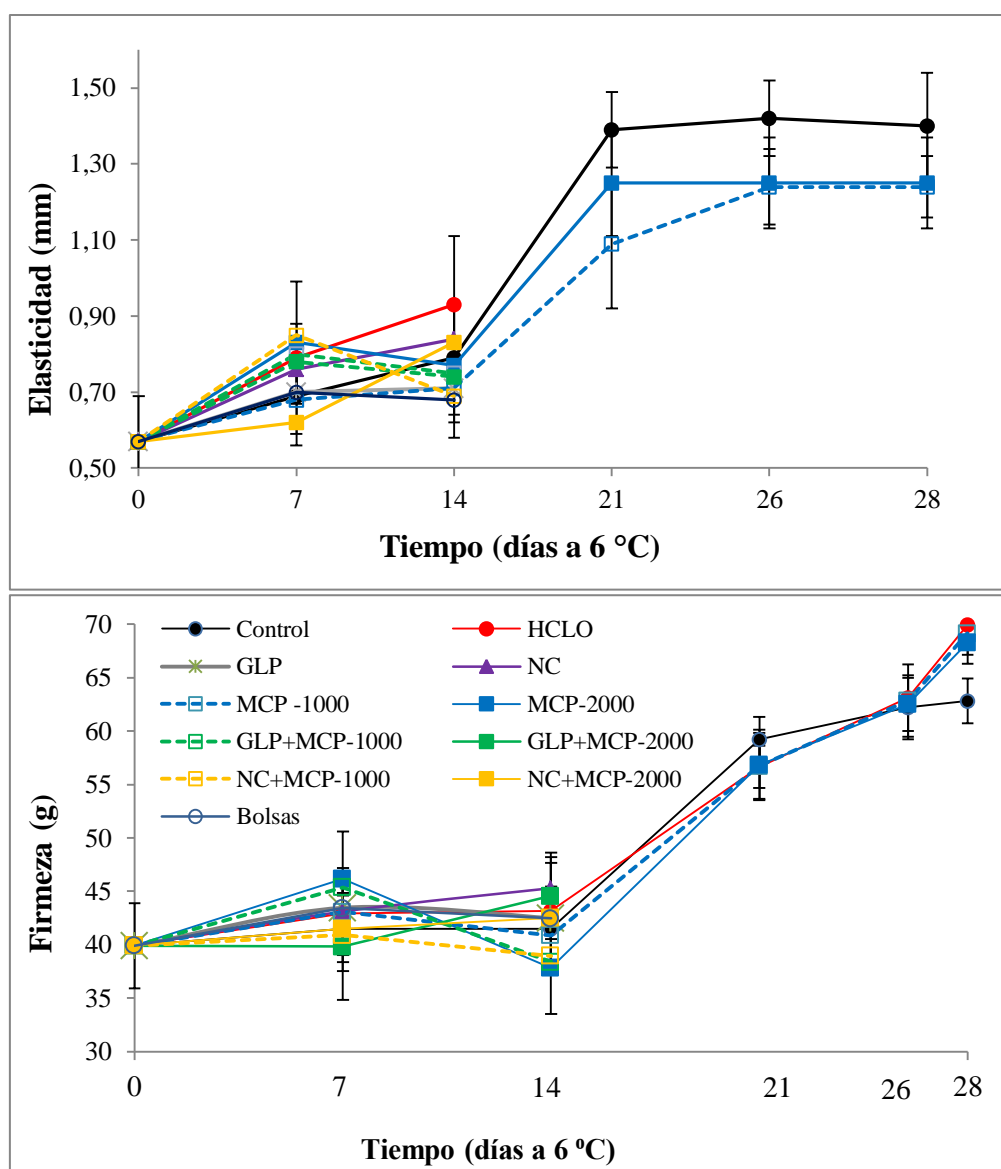


Figura 17. Evolución de la firmeza y la elasticidad en los distintos lotes de arándanos conservados a 6 °C. Sin tratamiento: Control, Desinfectado con ácido hipocloroso: HClO, envasado en bolsas de alta humedad: Bolsas, recubierto con GLP al 2,8 %: GLP, recubierto con Naturcover al 2,5 %: NC, tratado con 1-MCP (1000 ppm): MCP-1000, tratado con 1-MCP (2000 ppm): MCP-2000, recubierto con GLP y tratamiento con 1-MCP (1000 ppm): GLP+MCP-1000, recubierto con GLP y tratamiento con 1-MCP (2000 ppm): GLP+MCP-2000, recubierto con Naturcover y tratamiento con 1-MCP (1000 ppm): NC+MCP-1000, recubierto con Naturcover y tratamiento con 1-MCP (2000 ppm): NC+MCP-2000.

5.3.2. Calidad microbiológica

a) Recuentos microbiológicos

La Figura 18 refleja los resultados obtenidos en los recuentos microbiológicos (mesófilos aerobios totales, mohos y levaduras) de los arándanos.

El recuento de **aerobios mesófilos totales** inicial se sitúa en torno a las 4 unidades logarítmicas (u.log) por cm² que se mantienen, salvo alguna excepción puntual donde

disminuyen, a lo largo de la conservación. No se observa en ningún caso una influencia notable y constante derivada de la aplicación de los tratamientos. Los **mohos** son el grupo microbiano predominante al inicio y durante la conservación del fruto y tampoco sufren variaciones notables durante el almacenamiento. Las levaduras, con unos recuentos en torno a las 2 u.log/cm² dejan de ser detectadas en todos los lotes excepto en los tratados con 1-MCP y el control a partir del día 14 de conservación.

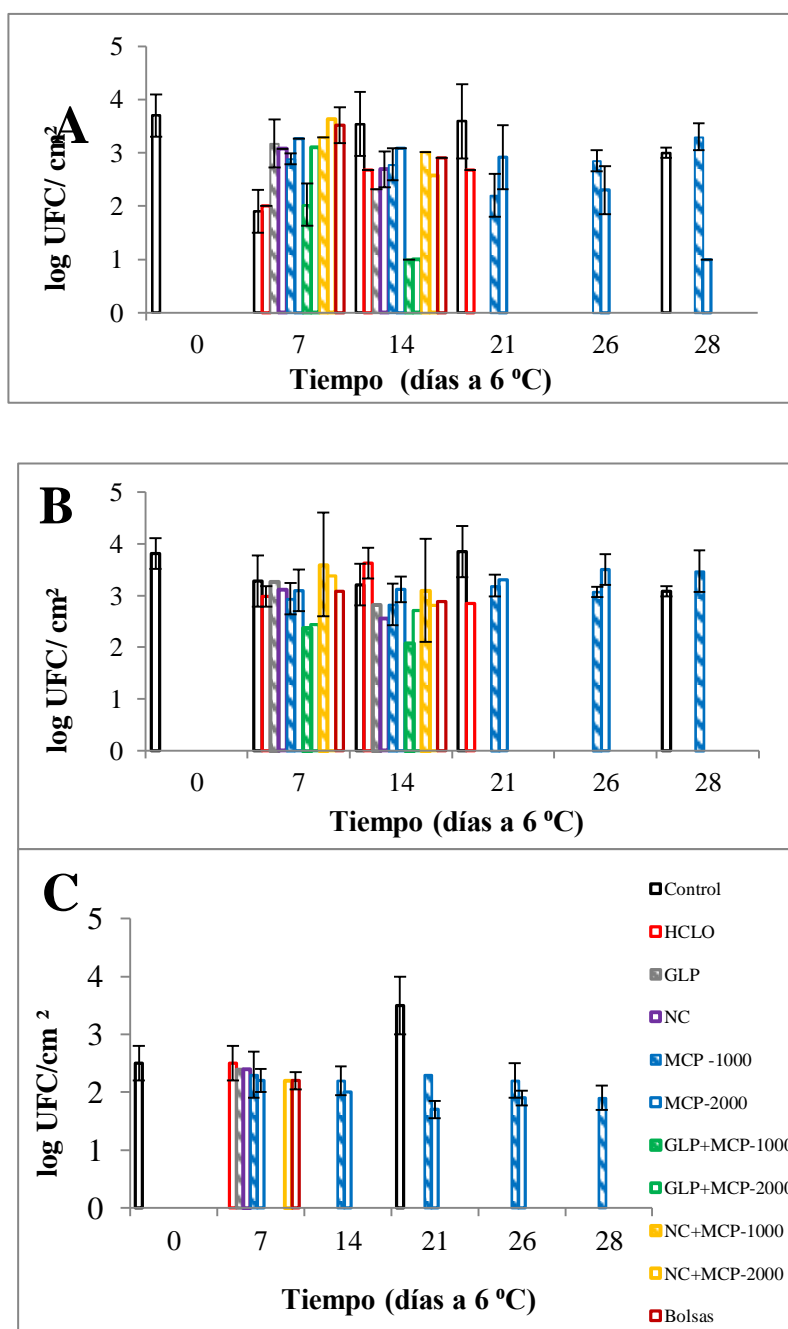


Figura 18. Recuentos microbiológicos en los arándanos conservados a 6 °C.

A) Aerobios mesófilos totales, B) Mohos y C) Levaduras. Sin tratamiento: Control, Desinfectado con ácido hipocloroso: HClO, envasado en bolsas de alta humedad: Bolsas, recubierto con GLP al 2,8 %: GLP, recubierto con Naturcover al 2,5 %: NC, tratado con 1-MCP (1000 ppm): MCP-1000, tratado con 1-MCP (2000 ppm): MCP-2000, recubierto con GLP y tratamiento con 1-MCP (1000 ppm): GLP+MCP-1000, recubierto con GLP y tratamiento con 1-MCP (2000 ppm): GLP+MCP-2000, recubierto con Naturcover y tratamiento con 1-MCP (1000 ppm): NC+MCP-1000, recubierto con Naturcover y tratamiento con 1-MCP (2000 ppm): NC+MCP-2000.

b) Porcentaje de podredumbres

El desarrollo de podredumbres fúngicas se detectó en los frutos a partir del día 7 de conservación (Tabla 4) donde, a excepción del lote control, los lotes tratados con 1-MCP en las distintas dosis y el lote que lleva recubrimiento de GLP, el resto de los lotes presentaron entre un 2,5 y un 5 % de frutos afectados de podredumbre. A partir del día 14 de conservación, ya se puede observar desarrollo de podredumbres en todos los lotes. Aunque la mayoría de ellos mantiene el mismo grado de desarrollo fúngico, destaca la presencia de un mayor grado de frutos afectados en el lote tratado con HCLO, con un porcentaje de hasta un 15 %. En el día 21, se produce un aumento de podredumbres notable en algunos lotes, como los tratados con 1-MCP y los que llevan recubrimiento de GLP, mientras que el lote control es el menos afectado, con un 5 % de frutos con podredumbre. Únicamente el lote tratado con HCLO supera el 10 % de podredumbre. Tras 28 días, los frutos más afectados fueron los tratados con HCLO, con un porcentaje de podredumbre de un 18 %, mientras que el lote control fue el que menos porcentaje presentó, con sólo un 6,6 % de los frutos afectados.

Tabla 4. *Porcentaje de frutos afectados de podredumbre en los distintos lotes de arándanos conservados a 6 °C.*

Tiempo (días)	Tratamiento*										
	Control	HCLO	GLP	NC	MCP-1000	MCP-2000	GLP+MCP-1000	GLP+MCP-2000	NC+MCP-1000	NC+MCP-2000	Bolsas
0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	0	5	0	5,0	0	0	2,5	5,0	5,0	5,0	5,0
14	2,2	15	7,5	5,0	2,5	2,5	2,5	5,0	5,0	5,0	5,0
21	5,0	17,5	9,6	6,7	6,7	7,9	9,6	9,6	5,4	7,9	7,5
26	5,8	-	-	-	6,7	7,9	-	-	-	-	-
28	6,6	18,0	10,8	12,5	6,7	10,8	9,2	15	7,5	9,2	8,3

*Sin tratamiento: Control, Desinfectado con ácido hipocloroso: HCLO, envasado en bolsas de alta humedad: Bolsas, recubierto con GLP al 2,8 %: GLP, recubierto con Naturcover al 2,5 %: NC, tratado con 1-MCP (1000 ppm): MCP-1000, tratado con 1-MCP (2000 ppm): MCP-2000, recubierto con GLP y tratamiento con 1-MCP (1000 ppm): GLP+MCP-1000, recubierto con GLP y tratamiento con 1-MCP (2000 ppm): GLP+MCP-2000, recubierto con Naturcover y tratamiento con 1-MCP (1000 ppm): NC+MCP-1000, recubierto con Naturcover y tratamiento con 1-MCP (2000 ppm): NC+MCP-2000.

6.3.3. Calidad nutricional

En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos de compuestos funcionales y capacidad antioxidante presente en los arándanos.

Tabla 5. Evolución de los compuestos funcionales en los arándanos conservados a 6 °C.

Tiempo	Tratamientos ^a	Fenoles Totales (mg EAG ^b /100 g p.f. ^c)	Flavonoides Totales (mg ECA ^d /100 g p.f.)	Antocianos totales (mg ECG ^e /100 g p.f.)	NEPAs (mg ECI ^f /100 g p.f.)	Capacidad antioxidante (mg ET ^g /100 g p.f.)
0	Control	1054,7 ± 38,2	351,3 ± 75,3	50,9 ± 3,2	90,5 ± 15,4	223,7 ± 42,9
7	Control	1212,9 ± 85,6	329,2 ± 72,0	48,3 ± 6,8	50,5 ± 16,8	199,3 ± 94,5
	HClO	1489,3 ± 101,6	491,5 ± 69,1	46,2 ± 2,9	36,1 ± 2,4	184,0 ± 5,8
	Bolsas	789,6 ± 148,5	307,1 ± 31,9	38,3 ± 1,3	140,5 ± 10,0	205,6 ± 27,0
14	Control	833,2 ± 44,6	270,2 ± 55,3	39,5 ± 5,1	40,1 ± 1,4	294,7 ± 43,6
	HClO	1160,6 ± 33,2	369,8 ± 58,5	38,3 ± 2,9	37,9 ± 3,1	354,7 ± 64,3
	GLP	1853 ± 89,4	227,0 ± 25,1	19,9 ± 0,7	270,1 ± 2,0	262,3 ± 0,4
	NC	1152 ± 44,2	188,6 ± 19,7	39,3 ± 7,6	193,5 ± 1,1	263,0 ± 1,8
	GLP+MCP-1000	1657,8 ± 20,6	199,5 ± 15,1	23,9 ± 1,6	110,9 ± 0,4	264,8 ± 0,9
	GLP+MCP-2000	1628,5 ± 49,8	190,6 ± 28,7	13,6 ± 1,6	364,5 ± 24,3	265,0 ± 1,0
	NC+MCP-1000	1865,4 ± 82,2	182,1 ± 16,5	34,0 ± 4,9	364,9 ± 1,9	130,2 ± 5,5
	NC+MCP-2000	1661,7 ± 86,2	214,1 ± 45,3	23,9 ± 2,0	58,3 ± 0,4	124,2 ± 7,6
	Bolsas	879,6 ± 88,8	211,4 ± 53,6	34,9 ± 2,5	132,8 ± 0,4	255,3 ± 69,1
28	Control	861,7 ± 132,3	220,2 ± 18,1	35,6 ± 3,6	35,7 ± 1,0	294,0 ± 82,6
	MCP-1000	127,7 ± 44,2	271,6 ± 6,9	33,1 ± 16,5	65,0 ± 8,9	254,4 ± 5,3
	MCP-2000	57,4 ± 29,3	301,1 ± 17,1	16,2 ± 1,7	74,8 ± 19,0	262,9 ± 0,8

^aSin tratamiento: Control, Desinfectado con ácido hipocloroso: HClO, envasado en bolsas de alta humedad: Bolsas, recubierto con GLP al 2,8 %: GLP, recubierto con Naturcover al 2,5 %: NC, tratado con 1-MCP (1000 ppm): MCP-1000, tratado con 1-MCP (2000 ppm): MCP-2000, recubierto con GLP y tratamiento con 1-MCP (1000 ppm): GLP+MCP-1000, recubierto con GLP y tratamiento con 1-MCP (2000 ppm): GLP+MCP-2000, recubierto con Naturcover y tratamiento con 1-MCP (1000 ppm): NC+MCP-1000, recubierto con Naturcover y tratamiento con 1-MCP (2000 ppm): NC+MCP-2000.

^bEAG: equivalentes de ácido gálico

^cp.f.: peso fresco

^dECA: equivalentes de catequina

^eECG: equivalentes de cianidina 3-O-glucósido

^fECI: equivalentes de cianidina

^gET: equivalentes de Trolox

El contenido en **compuestos fenólicos totales** es similar al obtenido en otros estudios, como el realizado por Price et al., (2017), que presentaron resultados con un máximo de 1183,99 mg de ácido gálico/100 g de peso fresco, y sus arándanos fueron aumentando progresivamente el contenido en fenoles a lo largo de la vida útil de fruto. Esto lo justifican debido a que la conservación fue realizada a temperaturas bajas, que producen degradación de estructuras celulares del fruto, y promueven una mejor extracción de los compuestos fenólicos. Sin embargo, los resultados que se obtuvieron en este estudio indican una reducción del contenido total de fenoles a lo largo del tiempo.

Los **flavonoides totales** de los arándanos cuantificados en este estudio son superiores al valor medio de 190,3 mg de catequina/100 g de peso fresco del fruto que

presento Marinova, Ribarova y Attanasova (2005), y se refleja un descenso de su contenido durante la conservación de los frutos.

El contenido en **antocianos totales** se redujo notablemente con el transcurso del tiempo. El contenido máximo de antocianos fue de 50,9 mg de cianidina 3-O-glucósido /100 g de peso fresco, que resulta una cantidad bastante inferior a la obtenida por Vollmanová et al.,(2009) que presentó una cantidad media de antocianos de 165,5 mg de cianidina 3-O-glucósido/100 g de peso fresco.

La **capacidad antioxidante** sí que se mostró estable durante el estudio y las variaciones encontradas se relacionan más con la composición de los propios frutos, que con los tratamientos aplicados.

6.4. Discusión General

En la Figura 19 se ve reflejado el aspecto de los arándanos de cada lote al final de su vida útil. Tras el análisis de los parámetros físico-químicos, microbiológicos y nutricionales y teniendo en cuenta el aspecto de los distintos lotes de arándanos con el transcurso del tiempo, se estableció la vida útil de cada uno de los lotes y se determinó la influencia final de los distintos tratamientos en la conservación postcosecha del fruto. El planteamiento de este estudio se basó en resultados satisfactorios obtenidos en diversos estudios, que afirmaban mejorar la calidad postcosecha del arándano con el empleo de recubrimientos, solos o combinados con diversos agentes antimicrobianos (Yang et al., 2014; Vieira et al., 2016; Chu et al., 2018). Sin embargo, la utilización de estos tratamientos no consiguió prolongar la vida útil del fruto, puesto que todos los lotes tratados, al igual que el lote Control, sólo alcanzaron los 14 días de vida útil.

El parámetro que más se vio afectado con el uso de recubrimientos fue la pérdida de peso, que registró sus valores más altos en los lotes GLP y NC, al igual que el desarrollo de podredumbres que aumentó significativamente tras un corto periodo de conservación. Esto puede estar ocasionado por la pérdida de la capa cerosa del arándano, denominada pruina, que permite limitar el estrés del fruto y prevenir la germinación de esporas fúngicas. Estos recubrimientos también modifican notablemente el aspecto general del fruto, aportándoles un brillo y tonalidad más oscura, que el consumidor podría atribuir a un producto algo artificial. La combinación de estos

recubrimientos con el 1-metilciclopropeno parece mejorar las características del fruto que esta únicamente recubierto, disminuyendo la pérdida de peso que sufre el arándano.

Los principales beneficios que supuso la conservación de los frutos en bolsas de alta humedad fueron: un mantenimiento del agua constituyente del arándano, limitando el grado de deshidratación del fruto durante su almacenamiento, y una disminución en su pérdida de peso. Sin embargo, el desarrollo de podredumbres fue notorio en la primera semana del estudio, depreciando así la calidad del arándano de forma temprana.



Figura 19. Aspecto de los distintos lotes de arándano conservados a 6 °C al final de su vida útil.

Sin tratamiento: Control, Desinfectado con ácido hipocloroso: HCLO, envasado en bolsas de alta humedad: Bolsas, recubierto con GLP al 2,8 %: GLP, recubierto con Naturcover al 2,5 %: NC, tratado con 1-MCP (1000 ppm): MCP-1000, tratado con 1-MCP (2000 ppm): MCP-2000, recubierto con GLP y tratamiento con 1-MCP (1000 ppm): GLP+MCP-1000, recubierto con GLP y tratamiento con 1-MCP (2000 ppm): GLP+MCP-2000, recubierto con Naturcover y tratamiento con 1-MCP (1000 ppm): NC+MCP-1000, recubierto con Naturcover y tratamiento con 1-MCP (2000 ppm): NC+MCP-2000.

El empleo de ácido hipocloroso como método de desinfección no fue favorable en ningún aspecto de conservación, ya que ocasionó una gran pérdida de peso, una mayor deshidratación en el fruto y un mayor número de podredumbres que su no utilización.

El tratamiento que resultó más efectivo para mantener la calidad del fruto durante su conservación fue la aplicación de 1-MCP, confirmando así la hipótesis de Xie et al.,(2018) que indicaba que su aplicación en frutos ayudaba a preservar las características texturales del fruto, principalmente la firmeza. Los buenos resultados promovieron una continuación del estudio físico-químico y nutricional de dichos lotes, pero la presencia de podredumbres fue relevante tras 21 días de conservación, lo que supuso considerar su vida útil en 14 días. La dosis empleada repercutió en las características finales del fruto, encontrando una mejor efectividad con dosis inferiores (1000 ppm), que ocasionaron menor desarrollo de podredumbres y menor pérdida de peso.

7. CONCLUSIONES

Conclusión General

La premisa de que la utilización de diversos recubrimientos comestibles, ya sea solos o combinados con diversos agentes antimicrobianos, suponía un buen método de conservación de las características de calidad del arándano y una vía para la prolongación de su vida útil, avalada por diversos estudios, que afirmaban sus efectos positivos, no se ha visto reflejado en nuestro trabajo. La no aplicación de este tipo de tratamientos, ha resultado en una mejor conservación del fruto, con una menor presencia de podredumbres, pérdida de peso y deshidratación. Esto puede estar ocasionado por la pérdida de pruina que produce la aplicación de estos tratamientos, que es la principal causa de degradación del fruto durante su tiempo de almacenamiento. Una alternativa más eficaz a estos métodos, es el empleo de un inhibidor del etileno, como el 1-metilciclopropeno, que aunque no consiguió alargar la vida postcosecha del arándano sí que mejoró las características del fruto durante su conservación 14 días a 6 °C.

General conclusion

The premise that the utilization of different edible coatings, either alone or in combination with other antimicrobial agents, was a good conservation method of the quality characteristics of the blueberry and a way for the prolongation of its shelf-life,

that other studies guaranteed its positive effects, has not been reflected in our work. The non- application of this type of treatments, has shown a better preservation of the fruit, with less rotting, weight loss and dehydration. This may be caused by the loss of pruine caused by the application of this treatments, which is the main cause of degradation of the fruit during its storage time. A better alternative for this methods is the use of an ethylene inhibitor, such as the 1-methylcyclopropene, which has been shown to improve the characteristics of the fruit during its preservation although it does not extend the post-harvest life of the blueberry 14 days at 6 °C.

8. VALORACIÓN PERSONAL

Después del periodo universitario, y tras la cantidad de horas lectivas que hemos invertido los alumnos del grado de Ciencia y Tecnología de los Alimentos en formarnos en áreas de conocimiento de distinto ámbito como la fisiología, la química analítica, ingeniería química, análisis microbiológico, economía,... terminamos la carrera teniendo una sensación de aprendizaje global de las industrias alimentarias y una necesidad y deseo de poder aplicar y dar uso a toda la información que hemos estado absorbiendo y poniendo en práctica. El trabajo de fin de grado es una oportunidad perfecta para ponernos a prueba y poder demostrarnos a nosotros mismos que efectivamente estos conocimientos han quedado retenidos y que tienen una aplicación práctica y de gran utilidad. Como todo lo que merece la pena, es un proyecto que dedica tiempo y supone un esfuerzo por parte del alumno y de los tutores que le ayudan a la elaboración, desarrollo y corrección del trabajo, pero cuando se finaliza se tiene una sentimiento de satisfacción de haber podido crear algo que reúne todos esos conocimientos que se necesitan para su elaboración.

En el caso de los proyectos de investigación, como este trabajo, nos permiten adquirir más destreza en el laboratorio y entender mejor el modo operandi de estos en la vida real. No sólo es importante realizar las tareas propuestas por el tutor y seguir el protocolo de trabajo, sino que del mismo modo, es esencial, intentar aprender de la forma de trabajo de los compañeros de laboratorio, y respetar las normas de trabajo de cada sitio en que nos toque obrar. Una vez obtenidos los resultados de los análisis, su redacción tanto en español como en inglés también supone un reto y nos ayuda a aprender a gestionar la información, razonar de forma crítica, resumir conceptos,...

También es un medio para acercarnos a la investigación científica que se está desarrollando en la actualidad y que tiene aplicación en las industrias alimentarias. Por todo esto, mi valoración final del trabajo es positiva y agradezco el aprendizaje que me ha proporcionado su elaboración.

9. BIBLIOGRAFÍA

Abanto Aguilar, M. (2018). *Aplicación de dos recubrimientos comestibles quitosano y cera de abeja, para determinar el mejor efecto en la prolongación de la vida útil del arándano*. Tesis en Ingeniería Industrias Alimentarias. Universidad Nacional de Cajamarca.

Chu, W., Gao, H., Chen, H., Fang, X y Zheng, Y. (2018). "Effects of cuticular wax on the postharvest quality of blueberry fruit". *Food Chemistry*, 239(15), pp.68-74. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.024>

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) (2004). *Colorimetry*. Third edition.

Díaz, R. (2018). *Nueva tecnología postcosecha*. Disponible en: <https://static1.squarespace.com/static/5a5f853fa9db09699395039f/t/5b3b3d2670a6ad3628542a5e/1530608943346/Rodrigo+D%C3%ADaz.pdf> [Consultado 07-08-2019].

Deflippi, B., Robledo, P y Becerra, C. (2013). " Manejo de Cosecha y Poscosecha en Arándano". *Manual de arándano*, 263, pp.107-115. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39102.pdf> [Consultado 11-08-2019].

FresHuelva (2017). *El boom de los frutos rojos en España*. MERCASA. Disponible en: <https://www.mercasa.es/publicaciones> [Consultado 09-08-2019].

Freshplaza. (2018). *El Empaque Xtend mantiene la pruina de los arándanos*. Disponible en: <https://www.freshplaza.es/article/9055473/el-empaque-xtend-r-mantiene-la-pruina-de-los-arandanos/>. [Consultado 08-08-2019].

Garcilazo, J. (2015). *Manejo pre y postcosecha de los arándanos*. Disponible en: <https://studylib.es/doc/3165959/manejo-pre-y-postcosecha-de-los-arandanos> [Consultado 11-08-2019].

Godoy, C.A. (2004). "Conservación de dos variedades de arándano alto en condiciones de frío convencional". *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 36(1), pp.53-61. Disponible en: http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/157/GodoyAgrarias1-04.PDF [Consultado 25-08-2019].

Gómez, E. (2011). *Recubrimiento para frutas y hortalizas*. Disponible en: https://www.deccopostharvest.com/website/wp-content/uploads/2017/11/recubrimientos_frutas_hortalizas.pdf [Consultado 15-08-2019].

García, J.C., García, G. y Ciordia, M. (2007). *Situación actual del cultivo del arándano en el mundo*. Disponible en: <http://www.serida.org/pdfs/5566.pdf> [Consultado 05-08-2019].

Garmendia, G y Vero, S. (2015). *Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/28282408_Metodos_para_la_desinfeccion_de_frutas_y_hortalizas [Consultado 06-09-2019].

Kader, A y Pelayo-Zaldivar, C (2011). *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. Disponible en: https://books.google.es/books/about/Tecnolog%C3%ADa_postcosecha_de_cultivos_hort.html?hl=es&id=x62K8WyywAt4C&redir_esc=y [Consultado 05-08-2019].

- Kalt, W., Cassidy, A., Howard, L.R., Krikorian, R., Stull, A.J., Tremblay, F. y Zamora-Ros, R. (2019). "Recent Research on the Health Benefits of Blueberries and Their Anthocyanins". *Advances in Nutrition*, 0, pp.1-13. DOI: 10.1093/advances/nmz065
- Lacopini, P., Camangi, F., Stefani, A y Sebastiani, L. (2010) "Antiradical potential of ancient Italian apple varieties of *Malus domestica* Borkh. in a peroxynitrite-induced oxidative process". *Journal of food composition and analysis*, 23(6), pp. 518-524. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.017
- Llorach, R., Tomás-Barberán, F y Ferreres, F. "Lettuce and chicory byproducts as a source of antioxidant phenolic extracts". (2004). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(16), pp. 5109-5116. DOI: 10.1021/jf040055a
- Marinova, D., Ribarova, F y Attanasova, M. (2005). "Total phenolics and total flavonoids in bulgarian fruits and vegetables". *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 40(3), pp. 255-260. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Maria-Atanassova/publication/258769164_Total_phenolics_and_flavonoids_in_Bulgarian_fruits_and_vegetables/links/00463528f0a28e54a6000000.pdf [Consultado 31-08-2019].
- Martínez-Flórez, J., González-Gallego, J y Tuñón, M. (2002). "Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes". *Nutrición hospitalaria*, 17(6), pp.271-278. Disponible en: <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3338.pdf> [Consultado 06-09-2019].
- Mitcham, E.J., Crisosto, C.H., y Kader, A.A. (1998). *Bushberries: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality*. Disponible en: http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Fruit_English/?uid=12&ds=798 [Consultado 10-08-2019].
- Patel, S. (2014). "Blueberry as functional food and dietary supplement: the natural way to ensure holistic health". *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 7(2), pp. 133-143. DOI: 10.3233/MNM-140013
- Prasad, K., Kumar, A., Preethi, P y Neha, P. (2018). "Edible coating technology for extending market life of horticultural produce". *Acta Scientific Agriculture*, 2, pp.55-64. Disponible en: <https://actascientific.com/ASAG/pdf/ASAG-02-0084.pdf> [Consultado el 09-08-2019].
- Price, D., Luque, E y Meza, B. (2017). *Efecto del refrigerado y congelado en el contenido de polifenoles totales, antocianinas y actividad antioxidante de arándanos (Vaccinium Corymbosum, Variedad "Biloxi") cultivados en diferentes microclimas de Perú*. Tesis en Nutrición y Dietética. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Quintero, J., Falguera, V y Aldemar, H. (2010). "Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola". *Revista Tumbaga*, 5, pp.93-118. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3628239> [Consultado 06-09-2019].
- Retamales, J. y Hancock, J. (2018). *Blueberries*. (2ª ed.) Boston, MA: CABI.

Smilanick, J. *General overview postharvest management of blueberry decay*. Disponible en: <https://www.quimas.cl/pdf/DocStudies/Smilanick%20GENERAL%20OVERVIEW%20Blueberry%20Workshop%2027082018.pdf> [Consultado 06-09-2019].

Singleton, V. L., Orthofer, R., y Lamuela-Raventós, R. M. (1999). "Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent". In *Methods in enzymology*. Academic Press, 299, pp. 152-178. DOI: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1

Tecnidex. (2017). Disponible en: https://www.tecnidex.com/wpcontent/uploads/woocommerce_uploads/2017/02/TDS_Teycer_C_GL-P_ES_v17.0.pdf. [Consultado 09-08-2019].

USDA (2019). USDA. Disponible en: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171711/nutrients> [Consultado 09-07-2019].

Vieira, J. M., Flores-López, M. L., de Rodríguez, D. J., Sousa, M. C., Vicente, A. A., y Martins, J. T. (2016). "Effect of chitosan–Aloe vera coating on postharvest quality of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) fruit". *Postharvest Biology and Technology*, 116, pp. 88-89. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2016.01.011

Vollmannová, A., Tóch, T., Urminská, D., Poláková, Z., Timoracká, M y Margitanová, E. (2009). *Anthocyanins Content in Blueberries (Vaccinium corymbosum L.) in Relation to Freezing Duration*. Disponible en: <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/07749.pdf> [Consultado 31-08-2019].

Xie, G., Wang, X., Wei, K., Wang, R., Cao, S., Ji, N., y Yang, X. (2018). "Effects of 1-methylcyclopropene on texture properties of Rabbiteye blueberry during long-term storage and simulated transportation". *Food Science and Technology*, 38(1), pp.1-5. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/1678-457x.21816>

Yang, G., Yue, J., Gong, X., Qian, B., Wang, H., Deng, Y., y Zhao, Y. (2014). "Blueberry leaf extracts incorporated chitosan coatings for preserving postharvest quality of fresh blueberries". *Postharvest Biology and Technology*, 92, pp. 46-53. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2014.01.018

Sisler, E., Serek, M., Dupille, E y Goren, R. (1999). "Inhibition of ethylene responses by 1-methylcyclopropene and 3-methylcyclopropene". *Plant growth regulation*, 27(2), pp.105-111. DOI: 1006153016409

Ku, V., Wills, R y Ben-Yehoshua, S. (1999). "1-Methylcyclopropene Can Differentially Affect the Postharvest Life of Strawberries Exposed to Ethylene". *HortScience*, 34(1), pp.119-120. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.34.1.119>

Fan, X y Mattheis, J. (1999). "Impact of 1-Methylcyclopropene and Methyl Jasmonate on Apple Volatile Production". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(7), pp.2847-2853. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf990221s>

Sisler, E., Serek, M y Dupille, E. (1996). "Comparison of cyclopropene, 1-methylcyclopropene, and 3, 3-dimethylcyclopropene as ethylene antagonists in plants". *Plant growth regulation*, 18(3), pp.169-174. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00024378>