



Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha
ISSN: 1665-0204
rbaez@ciad.mx
Asociación Iberoamericana de Tecnología
Postcosecha, S.C.
México

Tecnologías postcosecha para promover la vida de anaquel de frutos pequeños

Díaz Rodríguez, Ligda B.; Avila de Hernández, Rita M.

Tecnologías postcosecha para promover la vida de anaquel de frutos pequeños

Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 22, núm. 1, 2021

Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C., México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81367929004>

Tecnologías postcosecha para promover la vida de anaquel de frutos pequeños

Postharvest technologies to promote the shelf life of small fruits

Ligda B. Díaz Rodríguez ¹
 Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado,
 Venezuela
 ligdad@gmail.com

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81367929004>

Rita M. Avila de Hernández ²
 Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado,
 Venezuela
 ritaavila@ucla.edu.ve

Recepción: 15 Enero 2021
 Aprobación: 22 Marzo 2021
 Publicación: 30 Junio 2021

RESUMEN:

Las bayas son frutas cuya ingesta ha ido aumentando recientemente. Su apariencia, sabor, y valor nutritivo las hace atractivas para los consumidores; sus componentes bioactivos, así como los efectos antivirales, anticancerígenos, antibacterianos, y antiinflamatorios asociados a su ingesta, las convierten en un elemento importante de una dieta saludable. Desafortunadamente son altamente perecederas, y si no se toman las precauciones adecuadas, tendrán una corta vida postcosecha. A fin de aumentar la vida de anaquel de las bayas, y preservar su calidad, es importante tomar en cuenta una serie de aspectos vinculados a estos frutos y al ambiente en el que se encontrarán. Ello es particularmente complejo en el caso de los pequeños frutos porque éstos conforman un grupo amplio y variado. Basado en lo esbozado anteriormente, nos propusimos hacer una revisión de las tecnologías postcosecha que pueden promover la vida de anaquel de los pequeños frutos, y cómo éstas influyen sobre sus perfiles fisicoquímicos, funcionales, microbiológicos, y sensoriales. Con tal objetivo, se partirá de una descripción de aspectos como calidad, desórdenes, enfermedades, y vida postcosecha. Seguidamente, se discutirán algunas alternativas para promover esta última, agrupadas en: (i) tratamientos térmicos; (ii) modificadores de la atmósfera que rodea el producto; (iii) envasado y recubrimientos; y, (iv) desinfección. Se encontró que existe una plétora de opciones disponibles para incrementar la vida de anaquel de los pequeños frutos destinados a consumo fresco y algunas, incluso, pueden ofrecer soluciones con menos impacto ambiental que otras. La revisión además permitió establecer que la efectividad de las tecnologías existentes está asociada a las características morfológicas y fisiológicas de las bayas. Sin embargo, resultó igualmente claro que aún quedan muchos estudios por realizar, a fin de profundizar en el impacto que tienen los tratamientos a escala industrial, sobre la calidad de las bayas.

PALABRAS CLAVE: Alimentos funcionales, antioxidantes, arándano, bayas, fresa, grosella, mora.

ABSTRACT:

Berries are fruits whose intake has been increasing recently. Their appearance, taste, and nutritional value make them attractive to consumers; whereas their bioactive components, as well as the antiviral, anticancer, antibacterial, and anti-inflammatory effects associated with their intake, make them an important element of a healthy diet. Unfortunately, they are highly perishable, and if proper precautions are not taken, they will have a short postharvest life. In order to increase the shelf life of berries, and preserve their quality, it is important to take into account a series of aspects related to these fruits and the environment in which they will be stored. This is particularly complex in the case of small fruits because they make up a large and varied group. Based on what

NOTAS DE AUTOR

- 1 Egresada Programa Ingeniería Agroindustrial, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto 3001, Lara, Venezuela. Correo electrónico: ligdad@gmail.com. Telf.: +39 340 1838552
- 2 (Autora de correspondencia) Departamento de Procesos Agroindustriales, Programa Ingeniería Agroindustrial, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto 3001, Lara, Venezuela. Correo electrónico: ritaavila@ucla.edu.ve Telf.: +58 251 2592002

has been outlined above, we set out to review the postharvest technologies that can promote the shelf life of small fruits, and how these influence their physicochemical, functional, microbiological, and sensory profiles. With this objective, the paper starts with a description of aspects such as quality, disorders, diseases, and postharvest life. Next, some alternatives to promote the latter will be discussed, grouped into: (i) heat treatments; (ii) modifiers of the atmosphere surrounding the product; (iii) packaging and coatings; and, (iv) disinfection. It was found that there is a plethora of options available to increase the shelf life of small fruits destined for fresh consumption, some of which may offer solutions with less environmental impact than others. The review also made it possible to establish that the effectiveness of existing technologies is associated with the morphological and physiological characteristics of the berries. However, it was equally clear that there are still many studies to be carried out, in order to deepen the impact that industrial-scale treatments have on the quality of the berries.

KEYWORDS: Antioxidants, blackberry, berries, blueberry, functional foods, gooseberry, strawberry.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos son sistemas altamente dinámicos y multicomponentes, conformados por agua, carbohidratos, proteínas, lípidos, minerales y enzimas; además multifásicos y multicompartamentados, por sus variados tipos de consistencias y estructuras. Éstos al exponerse a agentes químicos y biológicos, son susceptibles a cambios físicos, enzimáticos e interacciones que influyen sobre el procesado, la calidad final y la vida de anaquel (Boatella et al., 2004).

Para garantizar la vida de anaquel de un alimento es fundamental partir de materias primas de elevada calidad, conocer sus características y requerimientos. En las frutas frescas, se imponen parámetros como el índice de madurez, el momento ideal de cosecha, los procesos bioquímicos y metabólicos involucrados, la actividad de agua, el pH y la carga microbiológica, entre otros (Kader, 2002). Asociado a ese conocimiento, saber cómo emplear tecnologías postcosecha a un determinado producto, puede alargar su vida de anaquel.

Las técnicas postcosecha, para frutas de consumo fresco, se fundamentan en la manipulación del ambiente que rodea al producto: temperatura, humedad, luz y atmósfera. En general el uso programado, individual o combinado, de esas técnicas las mantiene viables para el consumo; de lo contrario, pueden alterar su seguridad, propiedades nutricionales y características sensoriales. De allí la importancia de entender los aspectos que influyen sobre la vida de anaquel de las frutas, para mejorar la cadena productiva y satisfacer las exigencias de los consumidores.

La tendencia de los consumidores es preferir alimentos frescos, de calidad organoléptica y con potencial funcional, por sus bioactivos. En los últimos años, se ha observado un gran auge del consumo de pequeños frutos, a nivel mundial, como lo sugieren las estadísticas asociadas a ese rubro. Los incrementos de producción del año 2018 con respecto al 2017, son de: arándanos, 76584 Ton; frambuesas, 72898 Ton; fresas, 267965 Ton; grosellas, 123054 Ton; aumentando proporcionalmente el área destinada al cultivo de bayas (FAOSTAT, 2018).

Los arándanos, frambuesas, fresas, grosellas y moras muy apreciados, por su sabor único y alto contenido de bioactivos, en especial de antioxidantes. Su riqueza en fenólicos, principalmente flavonoides y antocianinas, responsables del color de la fruta, ejercen efectos terapéuticos como la reducción de la incidencia de enfermedades coronarias, acción anticancerígena, antitumoral, antiinflamatoria y antidiabética; además, del mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo (Garzón, 2008; Horvitz, 2017).

En ese sentido, es propicio el contexto para efectuar esta revisión que describe las tecnologías postcosecha que pueden promover la vida de anaquel de los pequeños frutos y cómo influyen sobre sus características fisicoquímicas, funcionales, microbiológicas y sensoriales.

TÓPICOS

1. Los pequeños frutos y sus principales características

Los cultivos frutales se definen horticulturalmente como los que desarrollan frutos, más o menos succulentos, o estructuras similares. Éstos son variados, y entre ellos están los frutos pequeños o bayas, también conocidos como frutos rojos (Janick y Paull, 2008). El término baya engloba frutas pequeñas que crecen en arbustos silvestres; son dulces o amargas, con pulpa jugosa y una coloración intensa que varía de rojo a púrpura/azul (Hidalgo y Almajano, 2017). Las más comunes son arándanos, moras, frambuesas, fresas y las bayas de saúco; otras frutas rojas, menos frecuentes, son específicas de algunos entornos particulares (Di Vittori et al., 2018) y se consideran endógenas de cada región o país.

Entre los atributos principales que el consumidor aprecia en las bayas están el sabor y el aroma; ambos impactan la calidad de la fruta determinando la opción a compra. Un aroma frutal y fresco, es un indicativo de calidad y sugiere un agradable sabor; mientras que, los aromas a fermentado, a mohos o la ausencia de olor, se asumen como evidencia de deterioro, falta de madurez y en general, de baja calidad (Forney, 2001). En cuanto al sabor, los consumidores las prefieren dulces, como consecuencia de una mayor concentración de azúcar y un balance entre los ácidos, los volátiles aromáticos activos y otros, que afectan la percepción de la dulzura. Es el caso de los ácidos orgánicos predominantes, como el cítrico y el málico o los fenólicos, que pueden impartir un gusto amargo o astringente (Talcott, 2007).

Por su parte el aroma, es un reflejo de los compuestos orgánicos volátiles presentes, de los que se conoce una gran cantidad; por ejemplo, en fresa se han identificado más de 300 metabolitos (Latrasse, 1991). La riqueza en volátiles en los pequeños frutos es tan grande que incluso crea diferencias perceptibles entre cultivares y es un factor determinante en la calidad de las bayas (Forney, 2001); por tanto, la complejidad de la síntesis de los volátiles representa un reto para los productores y la cadena de comercialización de estos frutos, al tratar de llevar al consumidor la frescura del campo.

Los frutos rojos, son ricos en agua, y en menor proporción, en carbohidratos, azúcares y fibra; a la vez, son una baja fuente proteica y de grasas (Cuadro 1). Particularmente los tipos de azúcares solubles presentes en las bayas, las hace valiosas para personas con padecimientos como la diabetes (Nile y Park, 2014).

CUADRO 1
Composición proximal de la pulpa de los pequeños frutos

Componente (g)	Tipo de bayas				
	Arándanos	Frambuesas	Fresas	Grosellas	Moras
Agua	84,21	85,75	90,95	83,95	88,15
Proteínas	0,74	1,2	0,67	1,4	1,39
Grasas	0,33	0,65	0,3	0,2	0,49
Fibra dietaria	2,4	6,5	2	4,3	5,3
Carbohidratos	14,49	11,94	7,68	13,8	9,61
Azúcares totales	9,96	4,42	4,89	7,37	4,88

Fuente. USDA, 100 g de pulpa cruda. Survey FNDDS, fecha de publicación 01/04-2020. <https://fdc.nal.usda.gov/>

El principal motivo del consumo de los pequeños frutos se debe a sus bioactivos, representados por antioxidantes, vitaminas y componentes fenólicos (flavonoides y ácidos fenólicos). Si se toma como ejemplo el contenido de Vitamina C en fresas y grosellas, se observa (Cuadro 2) que éste es mayor que en algunas

cítricas que tradicionalmente se han asociado con esa vitamina (entre paréntesis datos USDA, mg Vitamina C/ 100 g fruta): limón (53), naranja (53,2), pomelo (31,2) y mandarina (26,7).

CUADRO 2
Composición de bioactivos en los pequeños frutos

Componente	Tipo de baya				
	Arándanos (<i>Vaccinium corymbosum</i>)	Frambuesas (<i>Rubus idaeus</i> L.)	Fresas (<i>Fragaria vesca</i> L.)	Grosellas rojas (<i>Ribes rubrum</i>)	Moras (<i>Rubus fruticosus</i>)
Vitaminas: C (mg ácido ascórbico/g de fruto)	9,7 ^d	21 ^b 26,2 ^d	58,8 ^d	40 ^e	21 ^d
E (mg α -tocoferol/g de fruto)	0,57 ^d	0,87 ^d	0,29 ^d	0,1 ^e	1,17 ^d
Antocianinas totales (mg cianidina-3-glucósido/g de fruto)	92.1 ^a	45 ^b 51,47 ^c	25,4 ^g	22-34 ^h	31-326 ^f
Fenoles totales (mg GAE/100 g de fruto)	273 ^a	240 ^b 291,3 ^c	24 ^f	155-502 ^h	114-1056 ^f
ORAC (μ mol TE/ 100 g)	4669 ^d	5065 ^d	4302 ^d	-	5905 ^d

Fuente. ^a Zapata et al., 2014; ^b Cortellino et al., 2018; ^c Zhang et al., 2013, promedio cultivares; ^d Bincy et al., 2018; ^e Base de Datos Española de Composición de Alimentos (BEDCA); ^f Talcott, 2007; ^g Rao y Snyder 2010; ^h Giordani et al., 2016.

Algunos bioactivos, como los fenólicos, no solo contribuyen con las propiedades saludables, sino que también potencian los atributos sensoriales de los pequeños frutos. Es el caso de los elagitaninos que son de los antioxidantes más potentes, pero también responsables de la astringencia en fresas y frambuesas (Tomás y Espín, 2001); mientras que, los fenoles, también tienen un papel importante en la reducción del brillo en el color de la fruta (Diamanti et al., 2015).

Entre los fenólicos, están las antocianinas; un subgrupo de pigmentos coloreados (flavonoides) que son antioxidantes y se distribuyen ampliamente en las bayas (Nile y Park, 2014). Destaca que a medida en que el color de la baya es más oscuro, la concentración de fenoles y antocianinas aumenta, a la par de la capacidad antioxidante (Cuadro 2). Es esta última la que determina la actividad anticancerígena y antienvjecimiento, junto con los efectos positivos en el tracto urinario y los vasos sanguíneos (Manach et al., 2005); entre las bayas, *Vaccinium* L., *Rubus* L. y *Ribes* L. son las más estudiadas por su contenido de antocianinas. De los fenólicos, el ácido elágico representa el 51% del total de esos compuestos en las bayas, y existe como elagitanino esterificado con glucosa o en forma libre. El interés en él se debe a sus efectos antivirales, anticancerígenos, antibacterianos y antiinflamatorios (Bushman et al., 2004; Hannum, 2004; Kalt et al., 1999).

1.1 La calidad asociada a los pequeños frutos.

Desde la perspectiva del consumidor, existen tres aspectos relacionados a la calidad de un alimento: (i) la sensorial, percibida con los sentidos -color, sabor, aroma, textura-; (ii) la nutritiva, o capacidad de proporcionar nutrientes que favorezcan la salud y minimicen las enfermedades; y, (iii) la sanitaria, que considera la presencia, o no, de elementos tóxicos endógenos y exógenos que atentan contra la salubridad y

la inocuidad (Cámara et al., 2008). En general, es el consumidor quien determina la calidad de un producto hortofrutícola y lo hace de acuerdo a su experiencia y preferencias, estableciendo incluso su valor (Forney, 2001).

En frutos rojos, los índices que más impactan la calidad son la apariencia (color, tamaño, forma, ausencia de defectos y firmeza); el sabor (sólidos solubles, acidez titulable y compuestos volátiles aromáticos); y el valor nutritivo que abarca el contenido de vitaminas A y C, entre otros componentes, sin olvidar la presencia de bioactivos y el potencial antioxidante. Son igualmente importantes, los asociados a la turgencia de la fruta (firmeza de piel y pulpa), porque reflejan la resistencia a daños mecánicos; una característica que determina la cosecha, el transporte y la gestión postcosecha (Di Vittori et al., 2018). Para garantizar que las bayas lleguen con la calidad deseada al consumidor, es necesario desarrollar estrategias postcosecha que lo garanticen, teniendo en cuenta que preservar la vida de anaquel de un producto es responsabilidad de quienes participan en la cadena de producción y distribución, desde trabajadores del campo hasta los consumidores finales. Es una acción mancomunada en la que el éxito de una etapa determina el de la subsiguiente; siendo que la calidad final, es el resultado del manejo en el proceso global.

1.2 Desórdenes y enfermedades postcosecha de los pequeños frutos.

Los desórdenes que se asocian a las bayas son la deshidratación, la decoloración, la textura acuosa de la pulpa, la aparición de sabores desagradables y los daños por frío; mientras que las principales enfermedades que las afectan, son las pudriciones causadas por hongos.

La deshidratación se debe a la pérdida de agua por transpiración, y todos los pequeños frutos, están expuestos a ello en menor o mayor grado. Por ejemplo, las frambuesas al carecer de cutícula son vulnerables a la deshidratación de los tejidos cuando se exponen a una elevada tasa de respiración y transpiración; esto causa pérdida de peso, de turgencia, y de brillo de la epidermis (Krüger et al., 2011). Por su parte, si bien el arándano, posee una capa protectora de cera epicuticular compuesta por triterpenoides y -dicetona que crea una barrera natural contra la pérdida de humedad y los ataques patogénicos (Chu et al., 2017; Chu et al., 2018), en ellos puede ocurrir deshidratación de hasta entre 2–8%, dependiendo de los cultivares. Esta pérdida de agua reduce la floración cerosa, causa deterioro en la firmeza y conduce a la marchitez (Paniagua et al., 2013); por tanto, preservar esas estructuras durante la cosecha y la postcosecha, extenderían la vida útil.

En las grosellas, la apariencia de las bayas y del raquis es un aspecto que brinda sensación de frescura a los racimos y, por ende, los hace atractivos ante los consumidores. No obstante, por la morfología de los racimos y sus bayas al ser pequeñas, existe una elevada relación superficie/volumen haciendo que la pérdida de agua sea mayor en comparación con frutos de otra estructura y tamaño (McLeod et al., 2014). En ese sentido, especial atención ha de darse al momento de la cosecha, porque la pérdida de turgencia del raquis se observa en plantas cuyos frutos son cosechados en estado de avanzada madurez.

En los pequeños frutos, los cambios de color pueden manifestarse por variadas causas. Las moras presentan reversión del color en sus drupeolas, por alteraciones de temperatura. Algunas pueden pasar del negro a rojo, lo que es considerado un defecto por muchos consumidores (Segantini et al., 2017). Por ello, se recomienda que las moras se recojan cuando están completamente negras (Huynh et al., 2019); hay evidencias de que las moras moteadas (50% negras) no se oscurecen después de 7 días almacenadas a 2 °C (Perkins-Veazie et al., 1996). Otro fenómeno de cambio de color que ocurre en los arándanos, es que se tornan más oscuros con el almacenamiento pasando del azul púrpura brillante al azul oscuro, por la pérdida de la floración cerosa, aunque las cantidades de cera pueden variar con los cultivares (Chu et al., 2017; Huynh et al., 2019).

La decoloración de bayas, la textura acuosa de la pulpa y la aparición de sabores desagradables, suelen relacionarse con la atmósfera a la que son expuestos. Ambientes con concentraciones inferiores a 2 % de oxígeno o superiores a 25 % de dióxido de carbono, son potencialmente los responsables de estos desórdenes. Adicionalmente, las bayas no deben conservarse a temperaturas inferiores a 0 °C por el riesgo a los daños por

frío, que se manifiestan mediante la apariencia parda, la textura gomosa de la pulpa, y una mayor propensión hacia las enfermedades.

En ese sentido, las principales enfermedades postcosecha en las bayas son las pudriciones causadas por hongos; siendo que la susceptibilidad a este tipo de infecciones, después de la cosecha, suele promoverse por los daños mecánicos (Hyunh et al., 2019). En los arándanos, los patógenos que causan deterioro son *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* y *A. tenuissim* (pudrición de Alternaria) y *Colletotrichum gloeosporioides* (pudrición de antracnosis) (Caruso et al, 1995); mientras que, a las frambuesas, el que más las afecta es el hongo *Botrytis* spp. Una vez que éste se desarrolla en la fruta sobremadura, produce esporas generando grandes cantidades de inóculo que infectan la fruta que aún está en maduración (Harshman et al., 2014). Además, las frambuesas y moras, también se ven afectadas por *B. cinerea*, *Cladosporium sp.*, *Fusarium sp.*, *Penicillium sp.* y *Rhizopus sp.* (Tournas y Katsoudas, 2005).

1.3 Vida postcosecha de los pequeños frutos.

El manejo postcosecha en la industria de los pequeños frutos se ha basado en la gestión de la cadena de frío y de la humedad (Kumar et al., 2018). No obstante, los avances tecnológicos recientes y una mejor comprensión de la fisiología postcosecha de las bayas podrían proporcionar oportunidades para mejorar su tiempo de almacenamiento (Huynh et al., 2019). De allí la importancia de conocer los factores que influyen sobre la vida de anaquel de las frutas (Cuadro 3).

CUADRO 3
Factores que modifican la vida de anaquel de las frutas

Daño microbiano	
Biológicas y microbiológicas	Insectos, ácaros, roedores, pájaros, murciélagos y otros. Desarrollo de levaduras, bacterias, hongos y virus. Toxicidad/envenenamiento.
Daño no microbiano	
Fisiológicas	Senescencia de frutas. Cambios por transpiración y respiración.
Bioquímicas o químicas	Reacción de Maillard. Desarrollo de aromas y sabores no propios de la fruta. Autooxidación. Pardeamiento y otras reacciones enzimáticas. Pérdida de nutrientes, vitaminas y otros bioactivos. Contaminación durante el manejo agronómico (control químico de plagas y malezas).
Mecánicas	Abrasión, erosión, golpe, roce, magullamiento. Por rotura de empaques/envases o por cierre defectuoso.
Físicas	Pérdida/ganancia de humedad. Daño por condiciones climáticas agresivas (frío/calor). Decoloración por exposición a la luz. Daño por atmósfera o condiciones de almacenamiento inadecuadas.
Económicas y culturales	Carencia de recursos monetarios, técnicos y estructurales para un adecuado manejo y transporte de las frutas.

Fuente. InfoAgro (2018), Cámara et al. (2008) y NZFSA (2005).

Se observa, que hay factores de diversa índole que alteran la vida de anaquel de las frutas; no obstante al enfatizar aquellos asociados a las modificaciones bioquímicas que afectan la calidad general de los frutos, se tiene que el grado de madurez, por ejemplo, no solo altera el color y el sabor, sino también la calidad en la postcosecha. Durante la maduración, ocurre la pérdida de clorofila y la generación de metabolitos secundarios que influyen en el color y la producción de volátiles aromáticos. Así mismo, en el desarrollo de la fruta y el manejo postcosecha se producen modificaciones más sutiles, como las del balance entre azúcares y ácidos, y la alteración de la química de la pared celular, que determinan en el consumidor la percepción de la textura y la jugosidad (Talcott, 2007). En las bayas, en estas etapas también varía el perfil aromático a consecuencia de nuevas síntesis y pérdidas de volátiles, alterando aromas y sabores (Forney, 2001).

En los frutos pequeños, la eliminación inicial del calor de campo y el almacenamiento en un ambiente de alta humedad relativa evitará la pérdida excesiva de agua, disminuirá la descomposición microbiana y la actividad de las enzimas de la pared celular. Esas enzimas también afectan la calidad general de la fruta, porque se relacionan con la maduración y la vida útil postcosecha. Como las bayas no tienen un pericarpio protector y poseen solo una fina capa de cutícula, son susceptibles a las heridas y a la acción enzimática; las hidrolasas y oxidasas en bayas frescas pueden promover la pérdida de color y textura, y la formación de pigmentos marrones indeseables (Talcott, 2007). Todos los aspectos considerados, hacen de las bayas unos frutos sensibles y con una vida postcosecha muy corta (Cuadro 4) que dificulta el transporte, limita la conservación y la comercialización.

CUADRO 4
Vida de anaquel de los pequeños frutos para consumo fresco

Condiciones óptimas de Almacenamiento	Tipo de bayas				
	Arándanos	Frambuesas	Fresas	Grosellas*	Moras
	0 °C	0 °C	0 °C	0 °C	0 °C
	90-95 % HR	90-95 % HR	90-95 % HR	90-95 % HR	90-95 % HR
Vida de anaquel (días)	7-14	2-5	5-7	2-5	2-5
Sensibilidad al etileno	Sí	No	No	No	No
	Tasa de respiración(ml CO₂/kg·h)				
0 °C	3	12	6-10	16	11
10 °C	9	49	25-50	-	31
20 °C	34	100	50-100	130	78

Fuente. InfoAgro (2018); Guirard y Sinha (2006) 32-34 °F (0-3°C), 3 meses, arándano (es climatérico); Mc Leod et al (2014) *zarzaparrilla.

Durante la cosecha se ha determinado que el tipo de recolección, manual o mecánica, afecta la calidad de los pequeños frutos alterando la firmeza, la pérdida de peso y la tasa de respiración (Nuñez et al., 2005). Por tanto, ha de efectuarse cuidadosamente y con rapidez, porque es fundamental el transporte de las frutas hacia cámaras de pre-enfriamiento.

La recolección de las bayas, para consumo fresco, se realiza con frecuencia manualmente; de allí la importancia de un uso eficiente de la mano de obra que garantice un óptimo estado de madurez. Otro aspecto a considerar, es la sensibilidad de cada tipo de baya a la manipulación y los daños mecánicos. En la práctica, se recomienda: (i) cosechar únicamente los frutos en estado óptimo de maduración y condiciones sanitarias; (ii) realizar la cosecha temprano en la mañana evitando altas temperaturas, siempre y cuando el fruto esté fresco, pero al mismo tiempo seco; y, (iii) recolectar los frutos individualmente y con sumo cuidado, depositándolos directamente en recipientes destinados con ese fin, sin amontonarlos ni mezclar variedades, y evitando la exposición solar (InfoAgro, 2018).

En ese sentido, se emplean envases plásticos transparentes tipo *clamshells*, de 250-500 mL y sin perforaciones grandes, para evitar el daño mecánico. Así mismo, para minimizar el deterioro de la fruta por compresión se recomienda no llenar los contenedores a su capacidad total; esto facilita la remoción de calor de manera eficiente.

La vida de anaquel de las bayas puede variar entre cultivares, pero en general está limitada por la tasa de respiración, la fragilidad de sus estructuras y la susceptibilidad a la descomposición por hongos (Horvitz, 2017; Perkins, 2016; Mitcham, 2007). La tasa de respiración de los frutos rojos es elevada y diferente entre sí condicionando el periodo postcosecha; mientras mayor sea, aumenta la probabilidad de ocurrencia de enfermedades y que la vida de anaquel disminuya (Cuadro 4).

En cuanto a la producción de etileno, los arándanos y moras son frutos climatéricos con una elevada tasa respiratoria y generación de este gas durante la maduración, y ambos dependen de los cultivares; entonces, se recomienda cosecharlos maduros para que sus atributos organolépticos sean los mejores (Huynh et al. 2019). Por su parte, las fresas, frambuesas y grosellas son no climatéricas. Las últimas se caracterizan por tener una vida postcosecha superior a las anteriores; sin embargo, a temperaturas elevadas puede aumentar la tasa respiratoria tornándola en un fruto de perecibilidad media-alta. Cabe precisar que en las grosellas el raquis, o tejido vegetativo, tiene una fisiología diferente a la de la fruta con distintas tasas de respiración y sensibilidad al etileno. En particular, la pérdida del color verde y de la turgencia del raquis, se promueve por deshidratación. Durante la postcosecha las grosellas pueden perder hasta más de un 5 % de su peso, el límite en el que los síntomas de deterioro empiezan a manifestarse (Mc Leod et al., 2014).

Por su parte las frambuesas (*Rubus idaeus* L.) tienen una corta vida postcosecha debido a su alta susceptibilidad a lesiones mecánicas, pérdida de firmeza, oscurecimiento del color, de rojo claro a oscuro, deterioro fisiológico, deshidratación y descomposición (Peano et al., 2013; Cortellino et al., 2018). Al igual que las frambuesas, las moras son altamente percederas y la pérdida de firmeza, es la principal limitante del tiempo de conservación (Guzmán et al., 2018). En los expendios de fruta con temperaturas de refrigeración superiores a los 5 °C la senescencia se acelera, acortando la vida de anaquel de 2-5 a 1-2 días, y haciendo visibles el reblandecimiento de la pulpa, cambios de coloración, deshidratación, y contaminación por mohos (Kaume et al., 2012). Estas alteraciones se asocian a la actividad bioquímica que promueven la maduración a consecuencia de la temperatura de almacenamiento, un aumento de la carga microbiana y los daños en el fruto (Villegas y Albarracín, 2016). Se ha demostrado que una gestión adecuada de la temperatura en moras de los cultivares "Navaho" y "Shawnee" hace que puedan durar hasta 21 días cuando se almacenan a 2 °C (Perkins et al., 1999).

2. Alternativas postcosecha para promover la vida de anaquel de los pequeños frutos

Tomando en consideración una o más combinaciones de los factores que modifican la vida de anaquel de las frutas (Cuadro 3), se podrían encontrar soluciones para prolongarla. Sin embargo, recientemente la atención por parte del mercado se concentra más en el mantenimiento de las propiedades cualitativas del producto durante el periodo de vida de anaquel declarado, que en la prolongación del mismo (Dalla Rosa, 2016). Esto, porque una conservación demasiado larga se asocia a alimentos sometidos a *stress* y abusos tecnológicos; por tanto, se perciben como menos naturales. Además, en la actualidad el consumidor está modificando sus hábitos considerando otros factores vinculados con el ambiente, en el momento de la opción a compra, como la procedencia del producto y la disminución de los desperdicios sobre todo los provenientes de los empaques (Novelli, 2018).

Tomando en cuenta que las bayas son frutos con características morfológicas diferentes y que envejecen muy rápido, el objetivo es emplear tecnologías postcosecha para ralentizar los procesos fisiológicos relacionados con la senescencia; dado que el fin de la vida de anaquel de un producto está determinado por el conteo de microorganismos presentes, los cambios sensoriales o bioquímicos (NZFSA, 2005). Las

alternativas postcosecha para los pequeños frutos son diversas. En ese sentido, están la refrigeración, el envasado con atmósfera modificada (Rodríguez et al., 2015), los reguladores vegetales, los bioempaques (Joo et al., 2011), los inhibidores de etileno (Guzmán et al., 2018), las barreras a la luz y resistencia mecánica (Huynh et al., 2019); además, de las películas o recubrimientos comestibles (Mannozi et al., 2017; De Oliveira et al., 2018; Medina et al., 2020); ozonización (Cullen et al., 2010); y la irradiación UV-C (Lara et al., 2018), entre otros. A continuación, se presentan algunas de ellas.

2.1 Tratamientos térmicos.

Los tratamientos térmicos mejoran la vida útil de las bayas al reducir los cambios fisiológicos, eliminar insectos de preocupación fitosanitaria, controlar los microorganismos, y la descomposición en la superficie del producto (Mahajan et al., 2014).

2.1.1 Bajas temperaturas.

El manejo de la temperatura comienza en el campo, en el momento de la recolección de los frutos. Se hace necesario eliminar el calor acumulado durante la cosecha lo más rápido posible; sin embargo, el tiempo y la rapidez de pre enfriado, dependerán de la temperatura de cosechado, el volumen de la fruta, los materiales de embalaje y la capacidad de los equipos de enfriamiento. En consecuencia, el pre-enfriamiento se realizará antes de la incorporación a una atmósfera modificada y en cámaras de pre-frío.

La cosecha se puede enfriar: a) en cámara: una técnica progresiva y lenta, en la que la remoción de calor es ineficiente porque los frutos ubicados hacia el centro de los envases o *pallets*, reciben un enfriamiento inadecuado, permaneciendo por mucho tiempo a una temperatura mayor y promoviendo la condensación al liberar aire cálido a los frutos a su alrededor, que están a una temperatura menor (Mc Leod et al., 2014); y, b) con aire forzado, que consiste en tratar la fruta con aire frío, consiguiendo el descenso de temperatura de los frutos mucho más rápido que en cámara. Al utilizar este sistema, no debe quedar la fruta expuesta directamente a la corriente de aire, porque podría deshidratarse (InfoAGro, 2018). Con esta técnica se hace necesario controlar los tiempos de enfriamiento; por ejemplo, si las bayas se exponen por largos períodos al aire forzado se puede aumentar la deshidratación por la alta relación superficie/volumen, y particularmente en las grosellas, se verá mayormente afectado el raquis (Mc Leod et al., 2014).

En general, la temperatura óptima de almacenamiento y transporte se encuentra alrededor de los 0 °C para arándanos, frambuesas y moras; sin embargo, para las grosellas rojas se recomienda almacenar entre 0-2 °C. Estas condiciones reducen los riesgos de congelamiento accidental en éstas, debido a la propensión que tienen por su bajo contenido de sólidos solubles totales (Batzler y Helm, 1999).

2.1.2 Altas temperaturas.

Además de las bajas temperaturas, existen iniciativas que emplean altas temperaturas en el tratamiento postcosecha de las bayas. Zhao et al. (2013), observaron efectos beneficiosos en los arándanos tratados con vapor y aire caliente ($T > 30^{\circ}\text{C}$, $\text{HR} > 90\%$). Del mismo modo Fan et al. (2008), utilizaron en arándanos "Burlington" inmersión en agua caliente (22, 45, 50 y 60 °C) durante 15–30 s. Luego, la fruta se almacenó entre 0-4 semanas a 0 °C y de 2-9 días a 20 °C, logrando reducir la pérdida de peso, la marchitez, la división de frutas y la descomposición causada por *B. cinerea* y *Collectotrichum spp.* Además, demostraron que las frutas tratadas térmicamente exhibían menores valores de acidez titulable y de sólidos solubles totales, con una floración de cera más delgada. Así mismo, mencionaron que el tratamiento térmico también podría

desencadenar la producción de volátiles inducidos por el estrés, como el etanol y el acetato de etilo; pero no tuvieron un efecto significativo sobre la composición de aquellos volátiles asociados al sabor.

2.2 Modificadores de la atmósfera que rodea el producto.

2.2.1 Envasado con atmósfera controlada y atmósfera modificada.

En las atmósferas modificadas se eliminan o añaden gases para crear un ambiente alrededor del producto que difiera del aire. Esto se logra mediante cámaras de atmósfera controlada (AC) o a través del empaquetado en atmósfera modificada (AM). Ambas se recomiendan durante la conservación, el envasado y el transporte de las bayas, para prolongar la vida de anaquel de estas frutas (Forney, 2001). El principal efecto de esta tecnología es la ralentización de los procesos fisiológicos relacionados con el deterioro de la fruta. Por ejemplo, a concentraciones de dióxido de carbono superiores a 15 %, se mantiene la firmeza, el contenido de sólidos solubles, la acidez y la textura, y se puede reducir la descomposición por hongos por su efecto fungistático (Peano et al., 2013). Así mismo, el uso de dióxido de carbono durante el almacenamiento reduce la pérdida de agua, llegando a ser un 80 % menor al compararla cuando se hace en aire (Ollig et al., 2000).

Emplear atmósferas debe considerarse como un complemento al manejo de la temperatura y la humedad relativa (Yahia, 2009). El posible beneficio o riesgo de su uso dependerá del producto (variedad, edad fisiológica), de la temperatura y la duración del almacenamiento (Alamar et al., 2017).

En frambuesa, en esos ambientes pueden generarse alcoholes y aldehídos, de sabor y olor desagradable, que se acumulan en la fruta cuando la concentración de oxígeno es limitada por un largo periodo de tiempo; mientras que, altas tasas de dióxido de carbono pueden causar oscurecimiento (Kim et al., 2016). Otra opción es la combinación almacenamiento en atmósfera controlada (AC) dentro de una cámara refrigerada; ésta ha sido considerada para su aplicación comercial en frambuesa (Haffner et al., 2002). Se evaluó el potencial de almacenamiento de 5 variedades de frambuesa sometidas a dos condiciones de atmósfera controlada (10 % O₂ + 15 % CO₂ y 10 % O₂ + 31 % CO₂) *versus* un testigo en aire (21 % O₂ + 0.5 % CO₂). Encontraron que ambas condiciones de AC disminuyeron significativamente la incidencia de pudriciones y la tasa de respiración, siendo más efectiva la reducción con la AC de 31 % CO₂. Sin embargo, no se mejoró la firmeza de los frutos al comparar con el control y se observó disminución en la concentración de antocianinas, repercutiendo en el potencial antioxidante de los frutos. También, reportaron daño fisiológico y decoloración durante el almacenamiento continuo en AC.

Por su parte al evaluar la AC en mora “Navaho” y “Arapaho”, en frutos expuestos a 7 días de AC (15 kPa CO₂ + 10 kPa O₂) y 7 días en aire, se logró disminuir significativamente el porcentaje de pudriciones y el de frutos con sangrado respecto a un control, almacenado por 14 días en aire. Así mismo, el tratamiento con AC incrementó el porcentaje de mora comercializable y no marcó diferencias de sabor y aroma en la fruta, al compararla con el control (Veazie y Collins, 2002).

2.2.2 Inhibidores de etileno.

Durante la maduración natural de los frutos climatéricos se pueden modificar e intervenir los mecanismos de acción del etileno. Esto ha dado paso al uso de inhibidores del etileno, que retardan el desarrollo de la fruta y los síntomas de la senescencia. Uno de esos inhibidores es el 1-metilcloropropeno (1-MCP); un compuesto de baja toxicidad y estable a temperatura ambiente. Su acción consiste en bloquear sitios receptores del etileno, e igualmente puede disminuir la producción de etileno al inhibir la expresión genómica de las enzimas que participan en su síntesis (Zhang et al., 2012). Además, este importante bloqueador disminuye la tasa respiratoria y como consecuencia la producción de CO₂ (Gardin et al., 2012). La mayoría de los estudios

describen la acción del 1-MCP en frutos climatéricos; sin embargo, su amplia protección a especies agrícolas, su fácil aplicación y eficacia, promueven su uso en los tratamientos postcosecha de frutos no climatéricos.

En un estudio para determinar el efecto del tratamiento con 1-MCP sobre los principales parámetros postcosecha de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) durante el almacenamiento refrigerado (Guzmán et al., 2018), se determinó que a 1° C el 1-MCP retrasa hasta 4 días la pérdida de firmeza del fruto. Comportamiento similar se observó, con la aplicación de este compuesto, en frutos no climatéricos como fresas, uvas, cerezas, granada, y cítricos, entre otros (Li et al., 2016).

El comportamiento de los frutos ante el 1-MCP se ha relacionado con la disminución de la actividad de la poligalacturonasa y la celulasa. Se ha visto que la firmeza de los frutos está relacionada directamente con la actividad de estas enzimas, que degradan la pectina y la celulosa, causando el reblandecimiento de fruto (Huerta et al., 2012; Botondi et al., 2014). El 1-MCP bloquea la cadena de señales metabólicas que conducen a la acción de estas enzimas y ese efecto se ha manifestado en frutos climatéricos y no climatéricos (Huerta et al., 2012; Torres et al., 2016).

2.3 Envasado y recubrimientos.

2.3.1 Bioempaques/bioplásticos.

Los biopolímeros son plásticos, en los que el carbono proviene de recursos biológicos renovables (biomasa) y de acuerdo a su procedencia, se clasifican en polímeros vegetales o animales; por ejemplo, polisacáridos como el quitosano y la celulosa, proteínas como las caseínas y la gelatina, lípidos como los triglicéridos, o incluso combinaciones de estas moléculas capaces de interactuar entre sí para formar matrices estables y funcionales. Son estructuras independientes que envuelven o cubren los alimentos después de su formación.

Los biopolímeros pueden considerarse alternativas sostenibles para el envasado de alimentos, mejorando la eficiencia en el uso de los recursos y reduciendo los problemas ambientales asociados al descarte de envases (Di Giuseppe, 2020). Estos materiales no son necesariamente comestibles ni completamente biodegradables, pero su principal ventaja es su compostabilidad.

En la evaluación de los efectos de varios métodos de envasado en atmósfera modificada (activa y pasiva, MAP) en combinación con envases (plásticos, biodegradables y convencionales) sobre la pérdida de peso, las tasas de respiración, el contenido de compuestos volátiles y propiedades nutricionales en frambuesa cv. Himbo Top, resultó que la combinación MAP con película biodegradable retrasó la maduración al minimizar los cambios de color, pérdida de peso y acidez; a la vez que se logró extender la vida útil (96 h) en comparación con una película comercial de polipropileno (Peano et al., 2013). Adicionalmente, la calidad nutricional de las frutas se mantuvo hasta el final del almacenamiento, específicamente de las principales clases fitoquímicas (fenoles, flavonoides y antocianinas), y en la capacidad antioxidante de las frambuesas. Los valores más altos de capacidad antioxidante, en la mayoría de los casos, se registraron en frutas empacadas en una película biodegradable (con y sin gas). Concluyeron que, para mejorar la vida útil de las frambuesas, el uso de MAP es muy importante, pero también lo es elegir el material de embalaje más adecuado para garantizar las condiciones de almacenamiento y la calidad de las frutas.

2.3.2 Recubrimientos y películas comestibles.

Se forman directamente sobre el producto que se pretende proteger. Los primeros, se aplican en forma líquida sobre el alimento por inmersión en una solución de sustancias formadoras de una matriz estructural (carbohidratos, proteínas, lípidos, o mezclas de éstos). Mientras que los segundos, se forman como una fina capa sólida o láminas, que luego se aplican como envoltura sobre el producto (Yousuf et al., 2018).

Los recubrimientos se pueden formular a partir de diferentes materiales y clasificar, en tres categorías amplias, como polisacáridos, proteínas y compuestos lipídicos. En bayas (arándanos, moras y grosellas) estas capas delgadas de biomateriales comestibles pueden mantener la frescura de la fruta y aumentar la vida útil al actuar como barreras protectoras que evitan la deshidratación y el crecimiento microbiano, además que limitan el intercambio de O_2 y CO_2 (Huynh et al., 2019). Adicionalmente, en arándanos son una forma alternativa de conservación, por su capacidad de reducir la tasa de respiración y transpiración, de mantener la firmeza y, en general, retrasar la senescencia de la fruta (Mannozi et al., 2017). Sin embargo, el uso de recubrimientos es incompatible con acelerar la maduración, a la vez que se busca la extensión de la vida útil; esto resulta en una mayor producción de CO_2 , etileno y volátiles relacionados con la fermentación, como se observó en moras recubiertas con almidón de yuca y kéfir (Oliveira et al., 2012).

2.4 Desinfección.

2.4.1 Ozonización.

El ozono es una forma alotrópica del oxígeno, que es muy reactiva y que tiene comprobados efectos antifúngicos, debido a su elevado poder oxidante; esto hace que, en su presencia, se evite la descomposición de componentes que conforman estructuras básicas de materiales orgánicos que forman las paredes celulares, como proteínas, lípidos y aminoácidos (Martins et al., 2020). El ozono puede emplearse en forma gaseosa o en solución acuosa, como alternativa a las soluciones cloradas, en el lavado y desinfección de frutas y verduras, para la inactivación de microorganismos patógenos (Cullen et al., 2010; Brodowska et al., 2018; Martins et al., 2020); no obstante, la sensibilidad de una fruta hacia el ozono, varía según su tipo y cultivar (Horvitz y Cantalejo, 2014). Por ello, la concentración, el tiempo y los métodos de aplicación deberán evaluarse cuidadosamente para lograr un compromiso entre el efecto máximo de desinfección y el mínimo de degradación en los componentes asociados a la calidad.

Diversos estudios han demostrado la efectividad del uso del agua ozonizada para el lavado de frutos como el tomate tipo cherry, arándanos, uvas, fresas, nueces del Brasil y otros, que previamente se inocularon con *E. coli*, *S. entérica*, *B. cinérea* y *A. flavus* (Bialka et al., 2008; Contigiani et al., 2018; Pangloli y Hung, 2013; Martins et al., 2020). Mientras que también se han reportado los efectos negativos del ozono en la calidad organoléptica de algunas frutas y vegetales. Por ejemplo, aunque el ozono puede extender el tiempo de almacenamiento en fresa, su aplicación individual en la fruta causó blanqueamiento, por lo que se sugirió su uso combinado con otras técnicas (Aday y Caner, 2014).

2.4.2 Luz pulsada.

La luz ultravioleta pulsada (LP) consiste en la liberación de energía intensa de radiación electromagnética de amplio espectro (100–1100 nm) en ráfagas cortas, promoviendo una mayor capacidad de descontaminación que la radiación convencional de luz ultravioleta (Oms-Oliu et al., 2010). Es una tecnología no térmica considerada como una alternativa a los tratamientos con luz ultravioleta continua, que se utiliza para la descontaminación de superficies, envases de alimentos, alimentos sólidos y líquidos.

En arándanos, utilizando luz ultravioleta pulsada para la descontaminación por *E. coli* O157:H7 y *S. entérica*, se evaluó LP el efecto su la aplicación a 3 distancias diferentes sobre el perfil sensorial y el color de estas bayas. Los resultados indicaron que la luz ultravioleta pulsada es una buena alternativa para la descontaminación de los arándanos, y no se detectó diferencia, entre los parámetros evaluados, en los arándanos tratados y los no tratados (Bialka y Demirci, 2007).

Por su parte, en arándanos inoculados con *E. coli* O157:H7 o *Salmonella*, se aplicó LP directamente seco o LP húmedo en agua agitada. Aunque ambos patógenos fueron efectivamente inactivados por el LP seco, la apariencia de los arándanos se vio adversamente afectada (decoloración grave y la pérdida de la floración de la cera) y se registró un calentamiento (64,8 °C) en la superficie de los arándanos. Por su parte, los tratamientos con LP húmedo mantuvieron la apariencia visual de los arándanos y el calentamiento de la muestra se redujo. Estos resultados sugieren que el tratamiento LP asistido por agua podría ser una posible alternativa no química (libre de residuos) al lavado con cloro, por ser eficaz y ecológico (Huang y Chen, 2014).

Bialka y Demirci (2008), indicaron que la luz ultravioleta pulsada tiene el potencial de usarse como método de descontaminación de frambuesas y fresas. Si bien, la luz ultravioleta pulsada tiene un potencial considerable para ser implementado en la industria alimentaria, es necesario evitar el sobrecalentamiento de los alimentos, así como lograr una mejor penetración y homogeneidad del tratamiento. Además, se necesita una investigación más extensa para comprender cómo la LP afecta los atributos de calidad (Oms-Oliu et al., 2010).

2.4.3 Irradiación UV-C.

Se emplea para desinfectar la superficie de productos hortofrutícolas durante la postcosecha, reduciendo la descomposición y alargando la vida útil (Lara et al., 2018). El uso de esta tecnología tiene tres propósitos: (i) reducir el conteo inicial de células viables, de bacterias, mohos y levaduras, que están en la superficie del alimento; (ii) promover la síntesis de fenilpropanoides y la expresión de proteínas como mecanismos de defensa; y, (iii) conservar la calidad organoléptica, al ralentizar la actividad enzimática ligada con el ablandamiento de tejidos, daños por frío y oscurecimiento. Otros beneficios adicionales, es que incrementa el contenido de antioxidantes al estimular a la fenilalanina amonioliasa, que se encarga de sintetizar compuestos fenólicos (Quintero et al., 2013).

Varios estudios han demostrado reducciones en la carga microbiana y mejoras en la vida útil de los productos tratados con UV-C, la cual puede alterar el ADN microbiano o estimular la producción de fotoproductos que suprimen la germinación de esporas microbianas. La aplicación postcosecha de radiación UV-C puede disminuir la descomposición causada por la pudrición madura en los arándanos y mejorar los niveles de antioxidantes; sin embargo, aunque parece ser una alternativa postcosecha prometedora para los arándanos, se requiere precaución, porque dosis más altas de energía de UV-C aumentan la incidencia de caries (Perkins-Veazie et al., 2008).

En moras (*Rubus ursinus* × *Rubus idaeus*) buscando mantener la calidad del fruto con luz UV-C y baja temperatura de almacenamiento, se observó una reducción del ablandamiento, principalmente al inactivar las enzimas que degradan la pared celular. Por tanto, el tratamiento con UV-C, solo o en combinación con almacenamiento refrigerado, puede ser un medio no químico útil para mantener la calidad de la fruta y extender la vida postcosecha (Vicente et al., 2004).

Por su parte, el estrés de la exposición a la irradiación puede inducir la producción de compuestos antioxidantes como parte del mecanismo de defensa natural de las frutas. Sin embargo, en arándanos los niveles de antioxidantes fueron particularmente altos inmediatamente después del tratamiento de radiación, pero cayeron bruscamente durante el almacenamiento (Wang et al., 2009; Nguyen et al., 2014). Otro aspecto a considerar es que la eficacia de UV-C en la inactivación de microorganismos puede afectarse por la estructura física del producto y el tipo de microorganismos presentes (Huynh et al. 2019).

2.4.4 Plasma frío.

Es un método que emplea electricidad y un gas portador (aire, oxígeno, nitrógeno o helio) para inactivar microbios contaminantes en carnes, aves, frutas y verduras, ofreciendo la ventaja de no requerir agentes químicos antimicrobianos (Niemira, 2012).

El efecto de inactivación microbiana del tratamiento con plasma frío (PF) puede atribuirse a varios mecanismos sinérgicos, incluida la generación de radiación UV, ozono, partículas cargadas, y radicales de oxígeno, además de otras especies reactivas (Niemira, 2012; Laroussi y Leipold, 2003) que pueden dañar membranas microbianas, ADN y proteínas (Niemira, 2012; Fernandez et al., 2013). Los efectos específicos del PF dependen del gas portador, la especificación del equipo de generación de plasma y el tipo de producto que se está tratando. En cuanto a los alimentos, factores intrínsecos como la actividad del agua, la textura y el contenido de proteínas y grasas pueden alterar los efectos antimicrobianos y la calidad del producto acabado (Niemira, 2012).

Las principales limitaciones del PF son la variedad y la complejidad del equipo necesario y los impactos, en gran parte inexplorados, de este tipo de tratamiento sobre las cualidades sensoriales y nutricionales de los alimentos (Niemira, 2012); además, los modos de acción antimicrobianos para varios de estos sistemas varían según el tipo de plasma frío generado.

Se han desarrollado una amplia gama de sistemas de plasma frío que funcionan a presiones atmosféricas o en cámaras de tratamiento de baja presión. Para mejorar la calidad de los arándanos durante el almacenamiento utilizando plasma frío a presión atmosférica, se demostró que la viabilidad microbiana disminuyó significativamente debido a la oxidación de la guanina y el daño de la estructura del ADN después del tratamiento. Como resultado, la tasa de descomposición de los arándanos presentó una notable reducción y los contenidos de azúcar, vitamina C y de antocianinas se incrementó notablemente bajo ciertos parámetros de descarga de plasma frío. Concluyeron que el plasma frío con aire a presión atmosférica tiene excelente potencial como tecnología de pretratamiento para mejorar la calidad de los productos frescos en la industria alimentaria (Dong y Yang, 2019).

CONCLUSIONES

Existen diferentes tecnologías postcosecha que pueden ser utilizadas como herramientas para incrementar la vida en anaquel de los pequeños frutos destinados al consumo fresco; no obstante, es importante analizar las características morfológicas y fisiológicas de este variado grupo que conforman las bayas para seleccionar una tecnología o combinación de ellas que sea efectiva.

Algunas tecnologías emergentes pueden ofrecer soluciones con menos impacto ambiental; sin embargo, se deben realizar más estudios científicos para profundizar las posibles consecuencias en la calidad de los pequeños frutos y la posibilidad de aplicar estos tratamientos a escala industrial.

BIBLIOGRAFIA

- Aday, M.S. and Caner, C. 2014. Individual and combined effects of ultrasound, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life. *LWT- Food Science and Technology*, 57:344-351. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.01.006
- Alamar, M.C., Collings, E., Cools, K. and Terry, L.A. 2017. Impact of controlled atmosphere scheduling on strawberry and imported avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 134:76-86. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2017.08.003
- Bialka, K.L. and Demirci, A. 2007. Decontamination of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* on blueberries using ozone and pulsed UV-Light. *J. of Food Science*, 79:M391-M396. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00517.x

- Bialka, K.L. and Demirci, A. 2008. Efficacy of pulsed UV-light for the decontamination of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. on raspberries and strawberries. *J. of Food Science*, 73:M201-M207. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2008.00743.x
- BEDCA (Base de Datos Española de Composición de Alimentos). 2006. Recuperado de: <http://www.bedca.net>
- Bincy, B., Priya, A. and Ranjit, V. 2018. Antioxidant and anticancer properties of berries. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58:2491-2507. DOI: 10.1080/10408398.2017.1329198
- Boatella, J., Estelrich, J., Codony, R., Guardiola, F. and Rafecas, M. 2004. Propiedades funcionales de los ingredientes de los alimentos: introducción a las bases teóricas. p. 10-23. En: Boatella, J., Codony, R., Lopez, P. Publicacions i Edicions Universitat de Barcelona. Química y Bioquímica de los Alimentos II. Recuperado de: <http://www.publicacions.ub.edu>
- Botondi, R., De Sanctis, F., Bartoloni, S. and Mencarelli, F. 2014. Simultaneous application of ethylene and 1-MCP affects banana ripening features during storage. *J. of the Science of Food and Agriculture*, 94:2170-2178. DOI: 10.1002/jsfa.6599
- Brodowska, A.J., Nowak, A. and Smigielski, K. 2018. Ozone in the food industry: principles of ozone treatment, mechanisms of action, and applications. An overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58:2176-2201. DOI: 10.1080/10408398.2017.1308313
- Bushman, B.S., Phillips, B., Isbell, T., Ou, B., Crane, J.M. and Knapp, S.J. 2004. Chemical composition of caneberry (*Rubus* spp) seeds and oils and their antioxidant potential. *J. of Agricultural and Food Chemistry*, 52:7982-7987. DOI: 10.1021/jf049149a
- Cámara, M., Sánchez, M. y Torrija, M. 2008. Frutas y verduras fuentes de salud. Colección Nutrición y Salud. Servicio de Promoción de la Salud. Instituto de Salud Pública. Consejería de Sanidad y Consumo. Madrid. Recuperado de: <http://tiny.cc/iju7tz>
- Caruso, F. L., and Ramsdell, D. C. 1995. Compendium of blueberry and cranberry diseases. USA: APS Press.
- Chu, W., Gao, H., Cao, S., Fang, X., Chen, H. and Xiao, S. 2017. Composition and morphology of cuticular wax in blueberry (*Vaccinium* spp.) fruits. *Food Chemistry*, 219:436-42. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.09.186
- Chu, W., Gao, H., Chen, H., Fang, X. and Zheng, Y. 2018. Effects of cuticular wax on the postharvest quality of blueberry fruit. *Food Chemistry*, 239:68-74. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.06.024
- Contigiani, E.V., Jaramillo-Sánchez, G., Castro, M.A., Gómez, P.L. and Alzamora, S.M. 2018. Postharvest quality of strawberry fruit (*Fragaria x Ananassa* Duch cv. Albion) as effected by ozone washing: fungal spoilage, mechanical properties, and structure. *Food and Bioprocess Technology*, 11:1639-1650. DOI: 10.1007/s11947-018-2127-0
- Cortellino, G., De Vecchi, P., Lo Scalzo, R., Ughini, V., Granelli, G. and Buccheri, M. 2018. Ready-to-eat raspberries: qualitative and nutraceutical characteristics during shelf-life. *Advances in Horticultural Science*, 32:399-406. DOI: 10.13128/ahs-22299
- Cullen, P. J., Valdramidis, V. P., Tiwari, B. K., Patil, S., Bourke, P., O'Donnell, C. P. 2010. Ozone processing for food preservation: an overview on fruit juice treatments. *Ozone: Science and Engineering*, 32:166-179. DOI: 10.1080/01919511003785361
- Dalla Rosa, M. 2016. Tutto sulla shelf life degli alimenti. convegno di Aita, Associazione italiana di tecnologia alimentare. *Rivista Formaggi e Tecnologie*. Dossier Prima puntata. Recuperado de: <http://www.rotopacksrl.com/wp-content/uploads/2016/04/TUTTO-SULLA-SHELF-LIFE-1.pdf>
- De Oliveira, Í., Ribeiro, A., Mello-Farias, P., Malgarim, M., Galvão Machado, M. and Pérez Lamela, C. 2018. Biodegradable Coatings on Blueberries Postharvest Conservation Refrigerated in a Modified Atmosphere. *J. of Experimental Agriculture International*, 20:1-11. DOI: 10.9734/JEAI/2018/39138
- Diamanti, J., Balducci, F., Di Vittori, L., Capocasa, F., Berdini, C., Bacchi, A., Giampieri, F., Battino, M. and Mezzetti, B. 2015. Physico-chemical characteristics of thermally processed purée from different strawberry genotypes. *J. of Food Composition and Analysis*, 43:106-118. DOI: 10.1016/j.jfca.2015.05.006
- Di Giuseppe, F. 2020. Imballaggi a base di biopolimeri: le nuove frontiere del packaging. Recuperado de: <https://www.foodhubmagazine.com/2020/02/14/imballaggi-a-base-di-biopolimeri-le-nuove-frontiere-del-packaging/>

- Di Vittori, L., Mazzoni, L., Battino, M. and Mezzetti, B. 2018. Pre-harvest factors influencing the quality of berries. *Scientia Horticulturae*, 233:310–322. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.01.058
- Dong, X.Y. and Yang, Y.L. 2019. A Novel approach to enhance blueberry quality during storage using cold plasma at atmospheric air pressure. *Food and Bioprocess Technology*, 12:1409–1421. DOI: 10.1007/s11947-019-02305-y
- Fan, L., Forney, C., Song, J., Doucette, C., Jordan, M., McRae, K. and Walker, B.A. 2008. Effect of hot water treatments on quality of highbush blueberries. *J. of Food Science*, 73:M292-M297. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2008.00838.x
- Haffner, K., Rosenfeld, H.J., Skrede, G. and Wang, L. 2002. Quality of red raspberry *Rubus idaeus* L. cultivars after storage in controlled and normal atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, 24:279–289. DOI: 10.1016/S0925-5214(01)00147-8
- Huerta-Ocampo, J.Á., Osuna-Castro, J.A., Lino-López, G.J., Barrera-Pacheco, A., Mendoza-Hernández, G., De León-Rodríguez, A., Barba de la Rosa, A.P. 2012. Proteomic analysis of differentially accumulated proteins during ripening and in response to 1-MCP in papaya fruit. *J. of Proteomics*. 75:2160-2169. DOI: 10.1016/j.jprot.2012.01.015
- FAOSTAT. 2018. Bases de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Fernandez, A., Noriega, E. and Thompson, A. 2013. Inactivation of *Salmonella enterica* serovar typhimurium on fresh produce by cold atmospheric gas plasma technology. *Food Microbiology*, 33:24-29. DOI: 10.1016/j.fm.2012.08.007
- Forney, Ch. 2001. Horticultural and other Factors Affecting Aroma Volatile Composition of Small Fruit. *Horttechnology*, 11:529-538. DOI: 10.21273/HORTTECH.11.4.529
- Garzón, G. 2008. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta Biológica Colombiana*. 13:27–36. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028004002.pdf>
- Giordani, E., Romani, C., Nin, S., Del Bubba, M. e Ancillotti, C. 2016. Piccoli frutti, antiossidanti e salute umana. Review n. 29 – *Italus Hortus* 23:15-28. Recuperado de: <https://www.soihs.it/public/31/Giordani%20et%20a1.pdf>
- Guirard, K. and Sinha, K. 2006. Cranberry, blueberry, currant and gooseberry. p. 369-390. In: Y. H. Hui (Ed). *Handbook of fruits and fruits processing*. DOI: 10.1002/9780470277737.ch21
- Gardin, J.P.P., Argenta, L.C., De Souza, E.L., Rombaldi, C.V. and Souza, A.L.K. 2012. Qualidade de caqui «Rama forte» após armazenamento refrigerado, influenciada pelos tratamentos 1-MCP e/ou CO₂. *Rev. Brasileira de Fruticultura*, 34:1043-1050. DOI: 10.1590/S0100-29452012000400010
- Guzmán, T.M., Cuenca, K. y Tacuri, E. 2018. Caracterización postcosecha de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) tratada con 1-metilciclopropeno. *Rev. Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 27:66-75. Recuperado de: <http://t.ly/S2qP>
- Hannum, S.M. 2004. Potential impact of strawberries on human health a review of the science. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 44:1–17. DOI: 10.1080/10408690490263756
- Harshman, J.M., Jurick, W.M., Lewers, K.S., Wang, S.Y. and Walsh, C.S. 2014. Resistance to Botrytis cinerea and quality characteristics during storage of raspberry genotypes. *American Society for Horticultural Science*, 49:311–319. DOI: 10.21273/HORTSCI.49.3.311
- Hidalgo, G.I. and Almajano, M.P. 2017. Red fruits: extraction of antioxidants, phenolic content, and radical scavenging determination: a review. *Antioxidants*. 6:1-27. DOI: 10.3390/antiox6010007
- Horvitz, S. and Cantalejo, M. J. 2014. Application of ozone for the postharvest treatment of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54:312-339. DOI: 10.1080/10408398.2011.584353
- Horvitz, S. 2017. Postharvest Handling of Berries. p. 107-124. In: *Postharvest Handling*. Kahramanoglu, I. (Ed). Postharvest Handling. European University of Lefke. DOI: 10.5772/66538.
- Huang, Y., and Chen, H. 2014. A novel water-assisted pulsed light processing for decontamination of blueberries. *Food Microbiology*, 40:1-8. DOI: 10.1016/j.fm.2013.11.017

- Huynh, N., Wilson, M., Eyles, A. and Stanley, R. 2019. Recent advances in postharvest technologies to extend the shelf life of blueberries (*Vaccinium sp.*), raspberries (*Rubus idaeus L.*) and blackberries (*Rubus sp.*). *J. of Berry Research*, 9:687–707. DOI: 10.3233/JBR-190421
- InfoAgro. 2018. Post-cosecha de berries. Editorial Informativo Agrícola de México, S. A. de C. V. Recuperado de: <https://mexico.infoagro.com/post-cosecha-de-berries/>
- Janick, J. and Paull, R. 2008. The encyclopedia of fruits and nuts. CAB International, Oxfordshire, UK. p.p. 1-180. Recuperado de: <http://tiny.cc/pju7tz>
- Joo, M., Lewandowski, N., Auras, R., Harte, J. and Almenar, E. 2011. Comparative shelf-life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions. *Food Chemistry*, 126:1734–1740. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.12.071
- Kader, A.A. 2002. Post-harvest technology of horticultural crops. Oakland: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3311, pp. 39-48.
- Kalt, W., Forney C.F., Martin A. and Prior R.L. 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *J. of Agricultural and Food Chemistry*, 47:4638-4644. DOI: 10.1021/jf990266t
- Kaume, L., Howard, L.R. and Devareddy, L. 2012. The Blackberry Fruit: A Review on Its Composition and Chemistry, Metabolism and Bioavailability, and Health Benefits. *J. of Agricultural and Food Chemistry*, 60:5716-5727. DOI: 10.1021/jf203318p
- Kim, M.J., Sutton, K.L. and Harris, G.K. 2016. Raspberries and Related Fruits. B. Caballero, P. M. Finglas, F. Toldrá (Ed). *Encyclopedia of Food and Health*, Academic Press. p.p. 586-591. DOI: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00586-9
- Krüger, E., Dietrich, H., Schöpplein, E., Rasim, S. and Kürbel, P. 2011. Cultivar, storage conditions and ripening effects on physical and chemical qualities of red raspberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 60:31-37. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2010.12.001
- Kumar, S., Baghel, M., Yadav, A. and Dhakar, M.K. 2018. Postharvest Biology and Technology of Berries. p. 349-370. In: Mir S., Shah M., Mir M. (Ed). *Postharvest Biology and Technology of Temperate Fruits*. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-76843-4_15
- Lara-Oviedo, G.A.L., Navarro, M.C., Altamiranda, J.A. 2018. Estudio de fotoreactivación en cultivos microbiológicos obtenidos de carga microbiana de la superficie de fresas sometidas a diferentes dosis de luz ultravioleta de onda corta UV-C. *Rev. Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 5:32-40. DOI: 10.23850/24220582.1148
- Laroussi, M. and Leipold, F. 2003. Evaluation of the roles of reactive species, heat, and UV radiation in the inactivation of bacterial cells by air plasmas at atmospheric pressure. *International J. of Mass Spectrometry*, 233:81-86. DOI: 10.1016/j.ijms.2003.11.016
- Latrasse, A. 1991. Fruits III. pp. 329–387. In: Maarse, H. (Ed.). *Volatile Compounds in Foods and Beverages*. New York. Recuperado de: <http://tiny.cc/qju7tz>
- Li, L., Lichter, A., Chalupowicz, D., Gamrasni, D., Golberg, T., Nerya, O., Benarie, R. and Porat, R. 2016. Effects of the ethylene-action inhibitor 1-methylcyclopropene on postharvest quality of non-climacteric fruit crops. *Postharvest Biology and Technology*, 111:322-329. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2015.09.031
- Mahajan, P.V., Caleb, O.J., Singh, Z., Watkins, C.B. and Geyer, M. 2014. Postharvest treatments of fresh produce. *Philos Trans A Math Phys Eng. Sci.* 372. DOI: 10.1098/rsta.2013.0309
- Manach, C., Williamson, G., Morand, C., Scalbert, A. and Remesy, C., 2005. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans I: review of 97 bioavailability studies. *The American J. of Clinical Nutrition*, 81:230S–242S. DOI: 10.1093/ajcn/81.1.230S
- Mannozi, C., Cecchini, J.P. Tylewicz, U., Sirolia, L., Patrignania, F., Lanciotti, R., Rocculi, P., Dalla Rosa, M. and Romani, S. 2017. Study on the efficacy of edible coatings on quality of blueberry fruits during shelf-life. *LWT - Food Science and Technology*, 85:440-444. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.12.056
- Martins, J., Rodrigues, E., Bassay, L., de Souza, W., de Carvalho, S., Camil, A., Dos Santos, E., Mendoca, M., Stolben, E., Araújo, L. and da Silva, C. 2020. Ozonation of Brazil nuts: decomposition kinetics, control of *Aspergillus*

flavus and the effect on color and on raw oil quality. *LWT-Food Science and Technology*, 123. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109106

- McLeod B, C., Pino Q, M.T., Ojeda G, A., Hirzel C, J., Estay P, P., Selles Van S, G. y Ferreyra E, R. 2014. Aspectos relevantes de la producción de zarzaparrilla roja (*Ribes rubrum*) bajo túnel. Punta Arenas: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Recuperado de: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7705>
- Medina-Jaramillo, C., Quintero-Pimiento, C., Gómez-Hoyos, C., Zuluaga-Gallego, R. and López-Córdoba, A. 2020. Alginate-Edible Coatings for Application on Wild Andean Blueberries (*Vaccinium meridionale Swartz*): Effect of the Addition of Nanofibrils Isolated from Cocoa By-Products. *Polymers* 12:824-837. DOI: 10.3390/polym12040824
- Mitcham, E. 2007. Quality of berries associated with preharvest and postharvest conditions. p.p. 207-223. In: Zhao, Y. Taylor and Francis group (Ed). *Berry fruit: Value-added products for health promotion*. DOI: 10.1201/9781420006148.ch7
- Nguyen, C.T.T., Kim, J., Yoo, K.S., Lim, S. and Lee E.J. 2014. Effect of prestorage UV-A, -B, and -C radiation on fruit quality and anthocyanin of 'Duke' blueberries during cold storage. *J. Agricultural Food Chemistry*, 62:12144-51. DOI: 10.1021/jf504366x
- Niemira, B.A. 2012. Cold Plasma Decontamination of Foods. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3:125-142. DOI: 10.1146/annurev-food-022811-101132
- Nile, S.H. and Park, S.W. 2014. Edible berries: bioactive components and their effect on human health. *Nutrition*, 30:134-144. DOI: 10.1016/j.nut.2013.04.007
- Novelli, D. 2018. Alimentos: el consumo responsable trastoca paradigmas. *Rev. de Investigaciones Agropecuarias*, 44:4-9.
- Núñez, A., NeSmith, S., Sánchez, E., Prussia, S. y Soto, J. 2005. Influencia de métodos de cosecha y temperaturas de almacenamiento en la calidad del arándano (*Vaccinium ashei* R.). *Rev. Fitotécnica Mexicana*, 28:385-388. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/610/61028411.pdf>
- NZFSA (New Zealand Food Safety Authority). 2005. A guide to calculate the shelf life of foods. Information booklet for the food industry. New Zealand Food Safety Authority. Recuperado de: <https://idoc.pub/documents/calculating-shelf-life-of-foods-od4p6gwdkvlp>
- Oliveira, D.M., Kwiatkowski, A., Rosa, C.I.L.F. and Clemente, E. 2012. Refrigeration and edible coatings in blackberry (*Rubus* spp.) conservation. *J. of Food Science and Technology*, 51: 2120-2126. DOI: 10.1007/s13197-012-0702-3
- Ollig, W., Schimer, H. and Jorg, E. 2000. Storage of soft fruits. In: *Integrated Production of Soft Fruits*, OIBC/wprs Bulletin 23:145-149. Recuperado de: http://www.iobc-wprs.org/pub/bulletins/iobc-wprs_bulletin_2000_23_11.pdf#page=159
- Oms-Oliu, G., Martín-Belloso, O. and Soliva-Fortuny, R. 2010. Pulsed light treatments for food preservation. A review. *Food and Bioprocess Technology*, 3:13-23. DOI: 10.1007/s11947-008-0147-x
- Paniagua, A.C., East A.R., Hindmarsh, J.P. and Heyes J.A. 2013. Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry. *Postharvest Biology and Technology*, 79:13-19. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2012.12.016
- Pangloli, P., and Hung, Y.C. 2013. Reducing microbial safety risk on blueberries through innovative washing technologies. *Food Control*, 32:621-625. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.01.052
- Peano, C., Girgenti, V.; Palma, A.; Fontanella, E. and Giuggioli, N. R. 2013. Film type and MAP on cv. *Himbo* Top raspberry fruit quality, composition and volatiles. *Italian J. of Food Science*, 25:421-432. Recuperado de: <http://www.chiriottieditori.it/pdf/ijfs/IJFS%20254%20ok.pdf#page=46>
- Perkins-Veazie, P., Collins, J.K. and Clark, J.R. 1996. Cultivar and maturity affect postharvest quality of fruit from erect blackberries. *American Society for Horticultural Science*, 31:258-261. DOI: 10.21273/HORTSCI.31.2.258
- Perkins-Veazie, P., Collins, J. and Clark J. 1999. Shelf-life and quality of 'Navaho' and 'Shawnee' blackberry fruit stored under retail storage conditions. *J. Food Quality*, 22:535-44. DOI: 10.1111/j.1745-4557.1999.tb00184.x

- Perkins-Veazie, P., Collins, J.K. and Howard, L. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest Biology and Technology*, 47:280-285. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2007.08.002
- Perkins-Veazie, P. 2016. Blackberry. p.p. 237-9, 240-2, 230-2. In: Gross KC, Wang CY, Saltveit M. (Ed). *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. Washington: USDA, Agricultural Research Service. Recuperado de: <https://www.ars.usda.gov/ARSPUserFiles/oc/np/CommercialStorage/CommercialStorage.pdf>
- Quintero-Cerón, J.P.P., Bohorquez-Pérez, Y., Valenzuela-Real, C. 2013. Avances en la aplicación de luz ultravioleta de onda corta (UVC) en frutas y vegetales enteros y mínimamente procesados: revisión. *Rev. Tumbaga* 1:29-60. Recuperado de: t.ly/YCn8
- Rao, A.V., and Snyder, D.M. 2010. Raspberries and human health: A review. *J. of Agricultural and Food Chemistry*, 58:3871-3883. DOI: 10.1021/jf903484g
- Rodríguez, M., Wyss, A. y Hormazábal, N. 2015. Evaluación de bolsa de atmósfera modificada y concentraciones de anhídrido sulfuroso aplicadas sobre frutos de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cv Emerald. *Scientia Agropecuaria*, 6:259-270. Recuperado de: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v6n4/a03v6n4.pdf>
- Segantini, D., Threlfall, R., Clark, J.R., Brownmiller, C.R., Howardcan, L. R., and Lawless L. 2017. Changes in fresh-market and sensory attributes of blackberry genotypes after postharvest storage. *J. of Berry Research* 7:129-145. DOI: 10.3233/JBR-170153
- Talcott, S. 2007. Chemical components of berry fruits. p.p. 51-72. In: Zhao, Y. Taylor and Francis group (Ed). *Berry fruit: Value-added products for health promotion*. Boca Raton. ISBN 9780849358029.
- Tomás-Barberán, F.A. and Espín, J.C. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *J. of the Science of Food and Agriculture* 81:853-876. DOI: 10.1002/jsfa.885
- Torres, V.L.S., Ayala-Aponte, A.A. and Serna, L. 2016. Viscoelastic behavior of yellow pitahaya treated with 1-MCP. *DYNA*, 83:119- 123. DOI: 10.15446/dyna.v83n196.50402
- Tournas, V.H. and Katsoudas, E. 2005. Mould and yeast flora in fresh berries, grapes and citrus fruits. *International J. of Food Microbiology*, 105:11-17. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2005.05.002
- USDA (United States Department of Agriculture). 2020. Food Data Central. U.S. Agriculture Research Services. Recuperado de: <https://fdc.nal.usda.gov/index.html>
- Villegas, C. y Albarracín, W. 2016. Aplicación y efecto de un recubrimiento comestible sobre la vida útil de la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth). *Vitae*, 23:202-209. DOI: 10.17533/udea.vitae.v23n3a06
- Veazie, P.P., and Collins, J.K. 2002. Quality of erect-type blackberry fruit after short intervals of controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology*, 25:235-239. DOI: 10.1016/S0925-5214(02)00025-X
- Vicente, A., Repice, B., Martínez, G., Chaves, A., Civello, P. and Sozz G. 2004. Maintenance of fresh boysenberry fruit quality with UVC light and heat treatments combined with low storage temperature. *J. Horticultural Sciences and Biotechnology*, 79:246-51. DOI: 10.1080/14620316.2004.11511756
- Wang, C.Y., Chen, C.T. and Wang, S.Y. 2009. Changes of flavonoid content and antioxidant capacity in blueberries after illumination with UV-C. *Food Chemistry*. 117:426-431. DOI:10.1016/j.foodchem.2009.04.037
- Yahia, E.M. 2009. *Modified and controlled atmospheres for the storage, transportation, and packaging of horticultural commodities*. CRC Press/Taylor 94 & Francis. México. p.p. 1-14.
- Yousuf, B., Qadri, O.S., and Srivastava, A.K. 2018. Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. *LWT - Food Science and Technology*, 89:198-209. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.10.051
- Zapata, L., Heredia, A., Quinteros, A., Malleret, C., Clemente, G. y Cárcel, J. 2014. Optimización de la extracción de antocianinas en arándanos. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 25:166-192. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/145/14532635008.pdf>
- Zhang, Z., Tian, S., Zhu, Z., Xu, Y. and Qin, G. 2012. Effects of 1-methylcyclopropene(1-MCP) on ripening and resistance of jujube (*Zizyphus jujuba* cv. Huping) fruit against postharvest disease. *LWT -Food Science and Technology*, 45:13-19. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.07.030

- Zhang, Z., Zhu, X., Xie, Z., Zhao, Z., Dubé, C., Roussel, D., Charles, M. and Khanizadeh, S. 2013. Yield, fruit quality, antioxidant capacity and phenolic composition of advanced raspberry lines from Quebec. *J. of Food, Agriculture & Environment*, 11:278-284. Recuperado de: <http://tiny.cc/uku7tz>
- Zhao, J.; Impaprasert, R.; Yu, L.; Li, J. and Srzednicki, G. (2013). Evaluation of postharvest quality of three southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* hybrid) cultivars subjected to heat pre-treatment. *Acta Horticulturae*, 1011:187-195. DOI: 10.17660/ActaHortic.2013.1011.22