



ELONGATION OF SHELF LIFE OF FRUITS BY THE USE OF BIOFILMS

ALARGAMIENTO DE LA VIDA DE ANAQUEL DE LAS FRUTAS POR EL USO DE BIOPELÍCULAS

Received 12 30 2019
Accepted 04 22 2020
Published 04 30 2020

Vol. 37, No.1, pp. 40-45, Ene./Abr.2020
Revista Boliviana de Química

37(1), 40-45, Jan./Apr. 2020
Bolivian Journal of Chemistry
DOI: 10.34098/2078-3949.37.1.6



Short review

Peer-reviewed

Jesús A. Aguilar-Durán¹, Israel García León², Jesús Di Carlo Quiroz Velásquez^{2,*}

¹Laboratorio de Biomedicina Molecular, Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional. Boulevard del Maestro s/n esq. Elías Piña, Col. Narciso Mendoza, Cd. Reynosa, Tamaulipas México, C.P.

²Laboratorio de Biotecnología Experimental, Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional. Boulevard del Maestro s/n esq. Elías Piña, Col. Narciso Mendoza, Cd. Reynosa, Tamaulipas México, C.P. 88710

Keywords: *Biofilms, Edible covers, Types of biofilms.*

Palabras Clave: *Biopelículas, Cubiertas comestibles, Tipos de biopelículas.*

ABSTRACT

One of the main problems in fruit preservation is its short shelf life, a detrimental fact that causes incalculable losses to the food industry. Take, for example, strawberries, blackberries and raspberries, time-labile fruits with a high market demand due to their nutritional properties (antioxidants, minerals and organic acids). One of the alternatives that exist to extend the shelf life of fruits is the use of edible covers or biofilms. These can be composed of hydrocolloids, proteins, lipids or a combination of all three, each material gives specific properties to these coatings. The qualities of biofilms, when applied in the perpetuation of shelf life of fruits, are the reduction of water loss, the loss of phenolic compounds and the retardation of enzymatic oxidation, in addition to allowing the addition of antioxidants or antimicrobial, without affecting the organoleptic properties of the fruit.

*Corresponding author: jquiroz@ipn.mx

RESUMEN

Uno de los principales problemas en la conservación de frutas es su corta vida de anaquel, hecho perjudicial que ocasiona incalculables pérdidas a la industria alimenticia. Tómese como ejemplo, fresas, zarzamoras y frambuesas.



frutos lábiles en el tiempo con una alta demanda en el mercado debido a sus propiedades nutricionales (antioxidantes, minerales y ácidos orgánicos). Una de las alternativas que existen para alargar la vida de anaquel de las frutas es el uso de cubiertas comestibles o biopelículas. Estas pueden estar compuestas por hidrocoloides, proteínas, lípidos o una combinación de los tres, cada material otorga propiedades específicas a estos recubrimientos. Las cualidades de las biopelículas, cuando son aplicadas en la perpetuación de la vida de anaquel de las frutas, son la reducción de la pérdida de agua, la pérdida de compuestos fenólicos y la retardación de la oxidación enzimática, además de permitir la adición de antioxidantes o antimicrobianos, sin afectar las propiedades organolépticas de la fruta.

INTRODUCCIÓN

Cada año en todo el mundo se pierden cantidades masivas de alimentos debido al deterioro y la infestación de la comida en el transporte hacia el consumidor. Estas pérdidas representan un desperdicio de los recursos usados en la producción, como ser tierra, agua, energía y maquinaria [1]. La reducción de las pérdidas conlleva una mejora en la productividad alimenticia [2].

La causas de estas pérdidas son variadas, dependiendo del desarrollo económico del país. En países ricos los alimentos se desperdician en gran medida debido a los hábitos del consumidor que obedecen a los altos estándares de calidad fijados por reparticiones similares a la FDA de Estados Unidos y que son obligatorios en centros de abastecimiento y consumo como los supermercados por ejemplo. Dichos estándares elevados ocasionan que frutas aún consumibles, pero que no cumplen con los criterios de apariencia como forma, color y peso, y que ostentan un periodo de vida de anaquel estrecho (grado de inmediatez de la fecha de caducidad) sean desechados. En países de bajos ingresos, las pérdidas se deben a limitaciones financieras y tecnológicas, como las técnicas de cosecha, almacenamiento, infraestructura y envío. Su impacto en la seguridad alimenticia del país es evidente [3].

El proceso de empaque de algunas frutas juega un papel fundamental en el alargamiento de la vida de anaquel de las mismas, el momento de transportarlas y ofrecerlas a la venta. El ejemplo de las berries es muy apropiado para describir tal situación. Dada la magnitud del problema de la descomposición alimentaria por procesos de empaque inapropiados, es importante la búsqueda de alternativas o complementos para aumentar la vida de anaquel de los alimentos con el fin de preservar su calidad. Las biopelículas o cubiertas comestibles son una alternativa promisoría para solventar esta problemática. Estas han sido evaluadas y se ha probado su efectividad para prolongar el tiempo de vida de anaquel de ciertas frutas. Estas biocubiertas de empaquetamiento presentan además la ventaja del uso de materiales biodegradables, en contraste con macromoléculas de origen sintético (plásticos).

Estas biopelículas actúan como barreras físicas sobre la superficie de la fruta disminuyendo la permeabilidad al O₂, CO₂ y vapor de agua, retardando las reacciones metabólicas asociadas con la maduración fisiológica e inhibiendo el apareamiento enzimático, preservando su textura y sabor, permitiendo incrementar la vida útil de la fruta [4].

Estas cubiertas pueden ser portadoras de aditivos como antioxidantes, antimicrobianos, nutrientes, etc. ayudando a preservar o incluso a mejorar la calidad de las frutas [5].

El uso de biopelículas o recubrimientos para frutas es una tecnología aplicada desde hace algunos años. Actualmente se presenta como una alternativa con gran potencial debido a la necesidad del consumo de alimentos saludables y la prolongación del tiempo de vida de anaquel. El objetivo de esta revisión es presentar los tipos de recubrimientos utilizados en la preservación de frutas, así como sus técnicas de evaluación y su efecto en las cualidades organolépticas de las mismas.

TIPOS DE RECUBRIMIENTOS USADOS EN FRUTAS

Un recubrimiento comestible debe de ser inocuo para el consumidor evitando causar algún problema de salud. Éstos pueden estar compuestos por hidrocoloides (polisacáridos o proteínas), compuestos hidrofóbicos (lípidos o ceras) o una combinación de ambos, lo cual permite aprovechar las propiedades de cada compuesto y la sinergia entre ellos.

Dependiendo de las sustancias empleadas en los recubrimientos, éstas determinarán las propiedades mecánicas y de barrera con respecto al vapor de agua, oxígeno y dióxido de carbono atmosféricos [6].

Hidrocoloides



Los hidrocoloides son un grupo heterogéneo de polímeros de cadena larga (polisacáridos y proteínas) que se caracterizan por su propiedad de formar dispersiones viscosas y/o geles cuando son aplicados en agua [7].

Los hidrocoloides pueden ser de origen animal, vegetal, microbiano o sintético, comportándose como polímeros hidrofílicos. Presentan grupos hidroxilo y pueden ser polielectrolitos como el alginato, carragenano, pectina, carboximetilcelulosa, xantano o goma arábica [7,8]. Actualmente, los hidrocoloides son usados ampliamente como soluciones formadoras de recubrimientos para proteger y controlar el color, sabor, textura y extender la vida de anaquel en frutas y verduras [4,9-11]. Poseen excelentes propiedades de barrera hacia los gases (O_2 y CO_2) generando una atmosfera modificada la cual extiende la vida útil de las frutas sin formar condiciones anaeróbicas. Debido a su naturaleza hidrofílica, este tipo de recubrimientos no posee buenas cualidades de protección contra la humedad [13].

Sin embargo, es posible mejorar las propiedades mecánicas (resistencia, dureza y ductilidad) mediante la adición de surfactantes, aumentando la resistencia al vapor de agua [14].

Proteínas

Los recubrimientos a base de proteínas pueden ser derivados de animales o plantas. Entre las proteínas usadas se encuentran la albumina de huevo, el colágeno, la zeína (maíz), el gluten (trigo), etc., destacándose las proteínas presentes en la leche (caseína y suero) como las más nutritivas, además de ser un excelente componente en la preparación de recubrimientos en comparación de otras fuentes alimenticias [15].

Los recubrimientos a base de proteínas proporcionan una excelente barrera hacia los aromas, aceites y oxígeno proporcionando propiedades mecánicas (resistencia, dureza y ductilidad) haciéndolos muy favorables para recubrir alimentos. Pero no son una barrera efectiva en contra la humedad debido a su naturaleza hidrofílica [16-17].

Una ventaja que presentan estos recubrimientos es que son producidos a partir de recursos naturales y son degradados con mayor facilidad que otros tipos de polímeros [13].

Lípidos

Los lípidos son usados como recubrimientos o son incorporados a biopolímeros para formar películas compuestas, proporcionando una excelente barrera contra el vapor de agua gracias a su baja hidrofilia [18].

Los compuestos a base de lípidos son aplicados como películas protectoras a partir de ceras de plantas (caña de azúcar, candelilla, carnaúba, etc.), monoglicéridos acetilados y surfactantes [19].

Estas biopelículas tienen un comportamiento variable contra la transferencia de humedad dependiendo de sus propiedades. Los ácidos grasos insaturados son menos eficientes para controlar la humedad debido a su mayor polaridad en comparación con los ácidos saturados. Las ceras, al estar compuestas de ácidos alifáticos de cadena larga presentan mayor resistencia a la difusión de agua que otros materiales debido a su bajo contenido de grupos polares [20].

Los recubrimientos a base de aceite, grasa y cera no se aplican fácilmente a la superficie de las frutas y verduras debido a su consistencia y grosor [21].

Compuestos

Los recubrimientos compuestos son creados con el objetivo de complementar las ventajas de cada tipo de componente, así como de minimizar sus desventajas. Estos pueden ser creados con una combinación de proteínas, polisacáridos y lípidos [22]. Los polisacáridos y proteínas poseen una menor permeabilidad que los lípidos a los gases; su empleo es útil para reducir las tasas de respiración, mientras que los lípidos reducen la desecación de la fruta [23]. Las biopelículas o coberturas comestibles se pueden producir como biocapas o emulsiones estables. En los recubrimientos compuestos por doble capa el lípido forma una segunda capa sobre la capa de polisacárido o proteína. Por otro lado, en las biopelículas compuestas el lípido se dispersa y queda atrapado en la matriz del biopolímero de soporte [24].

Aditivos

Las funciones mecánicas, funcionales, organolépticas y características nutricionales de las biopelículas pueden ser modificadas y mejoradas con la incorporación de distintos tipos de aditivos (plastificantes, surfactantes,



antimicrobianos, etc.) [25]. La función principal de los plastificantes es la de aumentar las propiedades mecánicas (volumen libre o movilidad molecular de los polímeros, otorgar flexibilidad y reducir la fragilidad) siendo mezclados con la solución del recubrimiento [26]. El agua es un plastificante natural y efectivo, aunque su efecto es difícil en los biopolímeros hidrofílicos. La adición de plastificantes hidrofílicos como: glicerol, ácidos grasos, sorbitol y polietilenglicol generalmente promueven la permeabilidad al vapor de agua e influye en las propiedades mecánicas [8,17].

La principal función de un surfactante es la de aumentar la humectabilidad y mejorar la adhesión del material de recubrimiento, además de disminuir la pérdida de humedad cuando son incorporados a la formulación del recubrimiento [27].

A diferencia de una aplicación directa de antimicrobianos y antioxidantes en alimentos, la adición de estos en los recubrimientos y películas permiten la liberación gradual y mantienen una concentración en un tiempo prolongado. Estos puede llegar a afectar propiedades organolépticas debido a su fuerte sabor originado por el contenido de compuestos fenólicos [28].

TECNICAS DE EVALUACION

Con el propósito de asegurar la calidad y la efectividad de los productos es necesario llevar a cabo una evaluación de las distintas formulaciones (Figura 1).

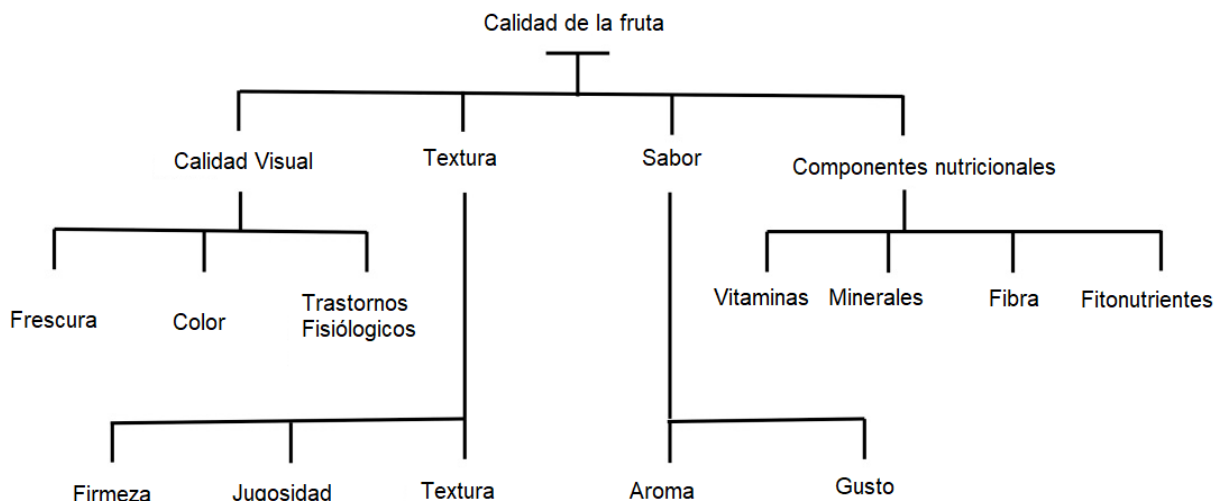


Figura 1. Evaluación de la calidad de la fruta.
Modificado de: [29]

Una de las principales características analizadas en estas pruebas es la evaluación de la pérdida de agua, la cual ocurre mediante la transpiración de la fruta, y ésta determina el grado de efectividad de la cubierta como barrera contra la humedad. Cuando existe una pérdida de agua, ésta se ve reflejada en la reducción de peso en la fruta. Además de afectar el color y la textura, se observan cambios más drásticos cuando se alcanza el umbral de pérdida de humedad en la turbidez, firmeza y decoloración. Pudiendo ocurrir una disminución de características nutricionales y organolépticas. Generalmente, cuando la pérdida de humedad es <3% no se observan efectos negativos, mientras que si es >5% comienza a afectarse la calidad visual, además de comenzar a marchitarse [30].

Otro de los elementos evaluados es la acidez titulable, la cual es dependiente de los ácidos orgánicos presentes en las frutas, en general aumenta con la maduración y ésta se determina por potenciometría [31].

Los sólidos solubles totales aumentan a la par del crecimiento fisiológico de la fruta. Su determinación se realiza por medio de un refractómetro, reportándose en °Bx (grados Brix). Durante el proceso de almacenamiento, es esperado un pequeño aumento de los sólidos solubles en relación con el tiempo de vida de anaquel [32].

Otro de los valores que varía con la maduración fisiológica es el pH, sus valores dependen de la naturaleza de la fruta (ácidas, semiácidas, dulces o neutras). Se mide por potenciometría [33].



Además de las vitaminas y minerales en los alimentos, los compuestos fenólicos tienen efectos positivos en la salud. Estos compuestos aumentan según el desarrollo de la fruta, aunque después de la maduración se observa un descenso de los mismos. El perfil de estos compuestos es característico de cada fruta, pudiendo ser determinados por cromatografía (HPLC) [34].

El color es una de las principales características de importancia económica en las frutas. Éste es caracterizado en la superficie mediante un colorímetro. Esta característica es de suma importancia en el consumidor ya que proporciona una percepción de calidad en la fruta [5].

Los compuestos volátiles juegan un rol importante en las propiedades organolépticas (sabor y aroma). Estos se encuentran compuestos principalmente de ésteres, alcoholes, aldehídos, cetonas, lactonas, terpenoides y apocarotenoides. Siendo evaluados mediante cromatografía de gases [35].

La textura es usada como un índice de calidad organoléptica, tanto en frutas frescas como procesadas. Esta depende de los organelos celulares y constituyentes bioquímicos, siendo afectada cuando ocurren cambios en la química de la celulosa, pectina o hemicelulosa. La cual es evaluada mediante analizadores de textura [36].

Además de realizar un análisis sobre las propiedades organolépticas, se debe llevar a cabo una evaluación microbiana con el fin de asegurar la inocuidad del producto final. Esto, debido a que los productos frutícolas son susceptibles a alteraciones patológicas llevadas a cabo por hongos y menormente levaduras, ocasionando pérdidas debido a las alteraciones en las propiedades organolépticas además de afectar negativamente la calidad visual [37].

CONCLUSIONES

Los recubrimientos comestibles o biopelículas han demostrado poder aumentar la estabilidad de frutas frescas y mínimamente procesadas, retrasando el proceso de maduración post cosecha, manteniendo las cualidades organolépticas y nutricionales y por lo tanto su calidad, además de ser seguras y amigables con el medio ambiente debido a la naturaleza biodegradable de sus componentes.

Estas biopelículas pueden estar compuestas por polisacáridos, proteínas, lípidos o una mezcla de ellos, además de ser posible el adiciónamiento de agentes antimicrobianos o antioxidantes mejorando las formulaciones.

De acuerdo con esta revisión, las cubiertas comestibles extienden la vida de anaquel, reducen la pérdida de agua y humedad, retrasan el proceso de maduración y previenen el crecimiento microbiano gracias a la aplicación de aditivos.

A pesar de los grandes beneficios otorgados por las cubiertas comestibles, la aplicación de esta tecnología sigue siendo limitada, además de ser necesaria una mejora en las propiedades mecánicas y de barrera.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional - Centro de Biotecnología Genómica, al proyecto SIP Multidisciplinario 20195632 por el financiamiento económico otorgado además al programa BEIFI-IPN por el apoyo económico otorgado al estudiante Aguilar-Durán Jesús Alejandro. Al programa EDI - IPN, del cual el Dr. Jesús Di Carlo Quiroz Velásquez es becario.

REFERENCIAS

1. FAO, Food and Agriculture Organisation of the United Nations. **2011**, *Global food losses and waste: Extent, Causes and Prevention*. Reducing Losses and Extending Availability of Fruits and Vegetables, The U.S. Government's Global Hunger and Food Security Initiative. California, United States of America. https://horticulture.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk1816/files/extension_material_files/mitcham-reducing-losses-fruits-vegetables.pdf. Acces date: October **2019**
2. Kiaya, V. **2014**, Post-harvest losses and strategies to reduce them, *J. Agric. Sci.*, 149(3-4), 9-57.
3. Olivas, G.I., Dávila-Aviña, J.E., Salas-Salazar, N.A., Molina, F.J. **2008**, Use of edible coatings to preserve the quality of fruits and vegetables during storage, *Stewart Postharvest Rev.*, 4(3).
4. Olivas, G.I., Rodríguez, J.J., Barbosa-Cánovas, G.V. **2003**, Edible coatings composed of methylcellulose, stearic acid, and additives to preserve quality of pear wedges, *J. Food Process. Preserv.*, 27(4), 299-320.
5. Guilbert, S., Gontard, N., Gorris, L.G.M. **1996**, Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings, *LWT - Food Science and Technology*, 29 (1-2), 10-17.
6. Milani, J., Maleki, G. **2012**, Hydrocolloids in Food Industry, *Food Industrial Processes - Methods and Equipment*, Benjamin Valdez, IntechOpen, DOI: 10.5772/32358. Available from: <https://www.intechopen.com/books/food-industrial-processes-methods-and-equipment/hydrocolloids-in-food-industry>. Acces date: 12/01/2019.



7. Raghav, P.K., Agarwal, N., Saini, M., Vidhyapeeth, J., Vidhyapeeth, J. **2016**, Edible Coating of Fruits and Vegetables, *International J. Sci. Mod. Educ.*, 1(1), 188–204.
8. Parreidt, T.S., Müller, K., Schmid, M. **2018**, Alginate-based edible films and coatings for food packaging applications, *Foods*, 7(10), 1–38.
9. Moayednia, N., Ehsani, M.R., Emamdjomeh, Z., Asadi M.M., Mizani, M., Mazaheri, A.F. **2010**, A note on the effect of calcium alginate coating on quality of refrigerated strawberries, *Irish J. Agric. Food Res.*, 49(2), 165–170.
10. Phillips, G.O. Williams, P.A. *Introduction to food hydrocolloids*, In: *Handbook of hydrocolloids*, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, **2009**, Elsevier Science B.V., Amsterdam, Netherlands, 2nd edition, 1-22.
11. Zapata, P.J., Guillén F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D., Serrano, M. **2008**, Use of alginate or zein as edible coatings to delay postharvest ripening process and to maintain tomato (*Solanum lycopersicon* Mill) quality, *J. Sci. Food Agric.*, 88, 1287-1293.
12. Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O., Baker, R.A. **1995**, Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 35(6), 509–524.
13. Chambi, H. Grosso, C. **2011**, Effect of surfactants on the functional properties of gelatin-polysaccharide-based films, *Eur. Food Res. Technol.*, 32(1), 63–69.
14. Shendurse, A. **2018**, Milk protein based edible films and coatings—preparation, properties and food applications, *J. Nutr. Heal. Food Eng.*, 8(2), 219–226.
15. Gennadios, A. Weller, C.L., **1990**, Edible films and coatings from wheat and corn proteins, *Food Technol.*, 44 (10), 63-69.
16. Krochta, J.M., Mulder, J., **1997**, Edible and biodegradable polymer films: Challenges and Opportunities, *Food Technol.*, 51(2), 61–74.
17. De Azeredo, H.M.C. *Edible coatings*, In: *Advances in Fruit Processing Technologies*, **2012**, CRC Press, Boca Raton, USA, 345–362.
18. Hassan, B., Chatha, S.A.S., Hussain, A.I., Zia, K.M., Akhtar, N. **2018**, Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review, *Int. J. Biol. Macromol.*, 109, 1095–1107.
19. Morillon, V., Debeaufort, F., Blond, G., Capelle M., Voilley A. **2002**, Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: A review, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 42(1), 67–89.
20. Robertson, G.L. *Food Packaging Principles and Practice*, CRC Press, 3rd Edition, **2012**, Boca Raton, USA.
21. Donhowe O., Fennema, O. *Edible films and coatings: characteristics, formation, definitions, and testing methods*, In: *Edible coatings and Films to Improve food Quality*, ed by Krochta, J.M., Baldwin, E.A., Nisperos-Carrido, M., **1994**, CRC Press, Boca Raton, USA, 1–24.
22. Phan, D., Debeaufort, F., Luu, D., Voilley, A. **2008**, Moisture barrier, wetting and mechanical properties of shellac/agar or shellac/cassava starch bilayer bio-membrane for food applications, *J. Memb. Sci.*, 325(1), 277–283.
23. Perez-Gago, M.B., Serra, M., Río, M.A.D. **2006**, Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings, *Postharvest Biol. Technol.*, 39(1) 84–92.
24. Silva-Weiss, A., Sobral, P.J.A., Gómez-Guillén, M.C., Bifani, V. **2013**, Natural Additives in Bioactive Edible Films and Coatings: Functionality and Applications in Foods, *Food Engineering Reviews*, 5, 200-216.
25. Guilbert, S., Gontard, N., Cuq, B. **1995**, Technology and applications of edible protective films, *Packag. Technol. Sci.* 8, 339-346.
26. Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O., Baker, R.A., **1995**, Use of Edible Coatings to Preserve Quality of Lightly (and Slightly) Processed Products, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 35(6), 509–524.
27. Lü, F., Ye, X.D., Liu, D.H., **2009**, Review of antimicrobial food packaging, *Nongye Jixie Xuebao/Transactions Chinese Soc. Agric. Mach.*, 40 (6), 138-142.
28. Ali, L. Tesis de grado, Pre-harvest factors affecting quality and shelf-life in raspberries and blackberries (*Rubus spp. L.*), Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Sweden, **2012**.
29. Holcroft, D. **2015**, Water Relations in Harvested Fresh Produce, *Postharvest Educ. Found. White Pap.*, 15, 1–16.
30. Anthon, G.E., Lestrangle, M., Barrett, D.M. **2011**, Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes, *J. Sci. Food Agric.*, 91, 1175-1181.
31. Wills, R.H.H., *Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección*. Acribia, Editorial, S.A, **1984**, Zaragoza, España.
32. Cohen, S., Itkin, M., Yeselson, Y., Tzuri, G., Portnoy, V., Harel-Baja, R., Lev, S., Sa'ar, U., Davidovitz-Rikanati, R., Baranes, N., Bar, E., Wolf, D., Petreikov, M., Shen, S., Ben-Dor, S., Rogachev, I., Aharoni, A., Ast, T., Schuldiner, M., Belausov, E., Eshed, R., Ophir, R., Sherman, A., Frei, B., Neuhaus, J.H.E., Xu, Y., Fei, Z., Giovannoni, J., Lewinsohn, E., Tadmor, Y., Paris, H.S., Katzir, N., Burger, Y., Schaffee, A.A. **2014**, The PH gene determines fruit acidity and contributes to the evolution of sweet melons, *Nature communications*, 5:4026, DOI: 10.1038/ncomms5026, www.nature.com/naturecommunications. Access date: 12/01/2019.
33. Gardner, P.T., White, T.A.C., McPhail, D.B., Duthie, G.G. **2000**, The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices, *Food Chem.*, 68(4), 471-474.
34. El Hadi, M.A.M., Zhang, F.J., Wu, F.F., Zhou, C.H., Tao, J. **2013**, Advances in fruit aroma volatile research, *Molecules*, 18(7), 8200–8229.
35. Sams, C.E. **1999**, Preharvest factors affecting postharvest texture, *Postharvest Biol. Technol.*, 15(1), 249-254.
36. Moss M. O., **2008**, Fungi, quality and safety issues in fresh fruits and vegetables,” *Journal of Applied Microbiology*, 104, 1239-1243.