

EFECTO DE EXTRACTOS ELABORADOS A BASE DE ORUJO DE UVA EN LA VIDA POSCOSECHA DE LA FRESA (*Fragaria vesca* L.)

EFFECT OF GRAPE WASTE EXTRACTS ON THE POSTHARVEST LIFE OF STRAWBERRY (*Fragaria vesca* L.)

Dolores Gabriela Martínez Vázquez^a, Raúl Rodríguez Herrera^b, Sarahí del Carmen Rangel Ortega^a, Ana Verónica Charles Rodríguez^a, Lluvia de Abril Alexandra Soriano Melgar^{bc*}

^aDepartamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México,

^bFacultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila, México

^cCátedras CONACyT. Investigadoras e investigadores por México.

* lldaasorianome@conacyt.mx

Received September 29, 2022; Revised: October 26, 2022; Accepted October 27, 2022

Resumen

En este trabajo se consideró el uso del orujo de uva como tratamiento poscosecha para extender la vida de anaquel de la fresa. Se prepararon dos diferentes extractos de orujo de uva, uno acuoso y otro etanólico, este último al 70% (v/v); ambos fueron obtenidos mediante un método de extracción híbrido (ultrasonido-microondas). Los extractos se aplicaron en la fresa en dos diferentes diluciones (1:10 y 1:5) mediante inmersión, empacándolas en domos de poliestireno y almacenándolas a 2°C. A lo largo de 10 días de almacenamiento se evaluaron diferentes parámetros de calidad como: color, contenido de sólidos solubles totales (°brix), acidez titulable y contenido de antocianinas. Los resultados muestran que los extractos etanólicos de orujo de uva conservaron principalmente el color y el contenido de antocianinas de las fresas, además de no afectar el contenido de sólidos solubles totales y acidez titulable. Por lo que estos extractos pueden ser un tratamiento efectivo para la conservación de la fresa durante la poscosecha.

Palabras clave: orujo de uva, compuestos bioactivos, vida poscosecha, fresa.

Abstract

In this work, the use of grape waste as a postharvest treatment to extend the shelf life of strawberries was considered. Two different grape waste extracts were prepared, aqueous and ethanolic extracts (70%, v/v); both were obtained by a hybrid extraction method (ultrasound-microwave). The extracts were applied to the strawberry in two different dilutions (1:10 and 1:5) by immersion, packed in polystyrene domes and stored at 2°C. During 10 days of storage, different quality parameters were evaluated, such as: color, total soluble solids content (°brix), titratable acidity, and anthocyanin content. The results show that grape waste ethanolic extracts mainly preserved the color and anthocyanin content of strawberries, and did not affect the total soluble solids and titratable acidity content. Therefore, these extracts can be an effective treatment for strawberry preservation during postharvest.

Keywords: grape waste, bioactive compounds, postharvest life, strawberry.

Introducción

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) en el año 2009 reportó que la demanda de la producción de alimentos se incrementaría junto con el crecimiento poblacional, por lo que la agricultura a nivel mundial se enfrentará a grandes retos para producir los alimentos necesarios. Para apoyar la seguridad alimentaria, es necesario enfocar esfuerzos en la reducción de desperdicios de alimentos y, por lo tanto, en la conservación de éstos; ya que los productos hortofrutícolas pueden tener pérdidas de hasta el 50% de su producción durante la precosecha, la poscosecha y el tiempo de consumo (Porat *et al.*, 2018).

La mayor tasa de pérdidas se produce durante la poscosecha, siendo mayor en productos que son más perecederos o cuya vida útil es corta, lo cual genera enormes pérdidas económicas (Parfitt *et al.*, 2010). Con la finalidad de reducir las pérdidas poscosecha, se han utilizado pesticidas sintéticos; sin embargo, éstos pueden tener efectos nocivos para la salud y al ambiente, por lo que existe preocupación mundial respecto al uso excesivo de fungicidas y/o pesticidas, generando así la necesidad de alternativas para controlar agentes patógenos que atacan a los cultivos y los productos agrícolas (Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2016).

En la actualidad, existe una gran cantidad de tratamientos para ampliar la vida útil de los productos poscosecha, entre los que se encuentra la refrigeración. Sin embargo, algunos productos como los tropicales o subtropicales almacenados a bajas temperaturas pueden desarrollar daños por frío, por lo que lo más adecuado es complementar a este tratamiento con otras tecnologías (Indiarto *et al.*, 2020). Algunos de los tratamientos físicos con mayor aplicación durante los últimos años incluyen la radiación ultravioleta (UV), ozono, luz pulsada, ultrasonido, plasma frío, entre otros; cuya acción es disminuir el contenido microbiológico e incrementar los componentes nutraceuticos de los alimentos de origen vegetal (Matamoros-Rodríguez, 2017). Otra alternativa es la aplicación de compuestos naturales dentro de los que resalta el uso de ácidos orgánicos (ácido cítrico y ascórbico), aminoácidos (cisteína), soluciones de calcio, propóleos y, recientemente, antioxidantes (ácido salicílico y otros fenoles) (Artés *et al.*, 2007; Toivonen y Brummell, 2008; Mogosanu *et al.*, 2017; Lata *et al.*, 2018). El empleo de compuestos antioxidantes se debe a que los procesos de descomposición y rancidez de los alimentos incluyen reacciones de estrés oxidativo;

por lo que el uso de compuestos fenólicos y su sinergia son los más representativos de los compuestos antioxidantes empleados para la preservación de los alimentos de origen vegetal (Schweizer *et al.*, 1999).

Por su parte, la industria agrícola genera grandes cantidades de residuos sólidos orgánicos, cuya disposición final es un problema ambiental de difícil solución. En general, los desechos agroindustriales contienen una gran cantidad de compuestos bioactivos y fitoquímicos (carotenoides, polifenoles, antioxidantes, fibras, vitaminas, enzimas, aceites, oligosacarinas, estimulantes, etc.) que pueden generar valor agregado dentro de la misma industria alimentaria, con un potencial económico importante (Sagar *et al.*, 2018).

La uva (*Vitis vinifera* L. Vitaceae) es una de las frutas más cultivadas en todo el mundo, con un tercio de la producción total utilizada en la vinificación. Los procesos de vinificación producen cantidades sustanciales de residuos orgánicos sólidos como el orujo de uva (Nassiri-Asl y Hosseinzadeh, 2016). El orujo de uva generalmente consiste en pieles, tallos y semillas, así como ácidos orgánicos, azúcares residuales y algunas cantidades de alcohol (etanol). Este desecho es una buena fuente de fitoquímicos, incluyendo compuestos fenólicos y fibra dietética (Apolinar-Valiente *et al.*, 2015), ácido tartárico, lignocelulosa, biocombustible o como composta (Muhlack *et al.*, 2018), protoantocianidinas con propiedades antivirales (Friedman, 2014), compuestos con propiedades antiparasitarias (quercetina, miricetina, ácido gálico y derivados) (Mansour *et al.*, 2013; Calixto-Junior *et al.*, 2016); compuestos con propiedades antibacterianas (Rama *et al.*, 2020), compuestos elicitores de plantas para la protección contra *Phytophthora parasítica* (Benouaret y Goupil, 2015) o como agentes citotóxicos contra líneas celulares de origen tumoral de cervix (García-Becerra, 2010). De entre todos los compuestos presentes en los orujos de uva, los flavonoides (Pereira *et al.*, 2019) y las antocianinas son los de mayor interés comercial para su aplicación en la industria de alimentos funcionales (Muñoz *et al.*, 2021).

Se estima que a nivel mundial existen pérdidas poscosecha de productos hortofrutícolas aproximadas entre 15 y 85%, las principales causas de estas pérdidas son las pudriciones, daño mecánico, trastornos fisiológicos y la inadecuada o falta de tecnología que regule la maduración y la senescencia de los productos agrícolas (García, 2008).

La fresa es una de las frutas de color rojo con mayor aceptación mundial y una fuente rica en vitamina C, minerales, flavonoides y carotenoides (Mitcham *et al.*, 2013), se caracteriza por ser un producto delicado y altamente perecedero con una vida útil muy corta, la cual no supera los 10 días, debido a su elevada respiración y carencia de barrera exterior que limita su retención de agua, lo que provoca que se generen pérdidas poscosecha por daños antes mencionados, generando grandes pérdidas económicas (Alcántara, 2009). Durante los últimos años, los tratamientos a base de compuestos naturales han sido el foco de atención, ya que éstos pueden ser más sustentables, sostenibles y biocompatibles, controlando los diferentes agentes patógenos que se desarrollan durante la poscosecha de diferentes productos. El presente trabajo contempló el uso del orujo de uva como tratamiento poscosecha para extender la vida de anaquel de la fresa. Se prepararon dos diferentes extractos de orujo de uva, uno acuoso y otro etanólico, este último al 70% (v/v); ambos fueron obtenidos mediante un método de extracción híbrido (ultrasonido-microondas). Los extractos se aplicaron en la fresa en dos diferentes diluciones (1:10 y 1:5) mediante inmersión, empacándolas en domos de poliestireno y almacenándolas a 2°C. A lo largo de 10 días de almacenamiento se evaluaron diferentes parámetros de calidad como: color, contenido de sólidos solubles totales (°brix), acidez titulable y antocianinas.

Sección Experimental

La fresa utilizada en esta investigación se adquirió recién cosechada proveniente del Rancho Guadalupe ubicado en la localidad de Huachichil (El Huache), Arteaga, Coahuila de Zaragoza, México. El cultivo de fresa se realiza bajo condiciones de invernadero con riego por goteo y fertirriego automatizado. Los frutos fueron recolectados y transportados en condiciones de frío (alrededor de 15°C) al Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Los frutos de fresa fueron seleccionados por tamaño, color y libre de daños, posteriormente fueron lavados con agua y jabón para eliminar los contaminantes de campo.

El orujo de uva es originario de los viñedos localizados en Parras, Coahuila. Los residuos deshidratados a una temperatura entre 50 – 60°C, utilizando una estufa de secado convencional por un periodo de entre 48 – 60 h, fueron molidos en un molino convencional hasta obtener un polvo tamizado con una malla No. 100 (tamaño de partícula 150 µm).

Para la obtención de los extractos se mezcló el polvo de orujo de uva (44 g) en el solvente (1 L) y se sometió al proceso de extracción híbrido: Ultrasonido (Potencia: 20 W, Frecuencia: 25 KHz, Tiempo: 20 min) – Microondas (Potencia: 800 W, Temperatura: 70°C, Tiempo: 5 min). El extracto obtenido fue filtrado y almacenado en un ultra-congelador a -80°C hasta su posterior aplicación.

En la aplicación de los extractos en la fresa, éstas fueron tratadas primero con un desinfectante comercial (Microdyn® 7.5 mL/L durante 5 min, según indicaciones del fabricante), posteriormente, se enjuagaron con agua purificada y se aplicaron los diferentes tratamientos. Éstos se llevaron a cabo por inmersión durante 2 min, los extractos empleados fueron a partir de diferentes solventes (agua y etanol), empleando grupo testigo (sólo agua). Las fresas fueron empacadas en domos de poliestireno y almacenadas a la temperatura de refrigeración de 2°C.

Se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, considerando cinco tratamientos: (i) Testigo o control (sin tratamiento), (ii) Extracto etanólico [dilución 1:10; concentración 4400 ppm], (iii) Extracto etanólico [dilución 1:5; concentración 8800 ppm], (iv) Extracto acuoso [dilución 1:10; concentración 4400 ppm], (v) Extracto acuoso [dilución 1:5; concentración 8800 ppm]. El muestreo se llevó a cabo los días 0, 4, 7 y 10 durante los cuales se evaluaron diferentes parámetros de calidad como lo son el color, el contenido de sólidos solubles totales (°brix), la acidez titulable y el contenido de antocianinas.

Los datos experimentales fueron analizados mediante un análisis de varianza realizando una prueba *post hoc* de Tukey con un 95% de confianza. El software utilizado fue el NCSS, versión 2004.

Resultados y Discusión

Uno de los principales parámetros de calidad de naturaleza sensorial de los frutos frescos para la aceptación por parte del consumidor son las pruebas colorimétricas, que consisten en la medición del color superficial de los frutos. En la figura 1a, se observa que el efecto de los diferentes extractos en la luminosidad del fruto fue en detrimento, mientras que el parámetro croma (C, figura 1b) o grado de saturación del color, osciló entre valores de 30 a 40 para cualquier tratamiento.

La coordenada a^* (figura 1c), que van desde los rojos (a^+) a los verdes (a^-), mostraron una disminución del color rojo de la fruta mostrando una mayor estabilidad

de ésta coordenada cromática en presencia del extracto etanólico. La coordenada cromática b^* (figura 1d), que va desde el color amarillo (b^+) al azul (b^-), mostró un comportamiento similar al de la coordenada a^* , es decir, un menor cambio en presencia del extracto etanólico. Finalmente, la presencia de los extractos provocó una menor variabilidad en el tono o matiz (escala $^{\circ}$ hue, figura 1e) y en el cambio total del color (ΔE , figura 1f), a lo largo del tiempo de muestreo.

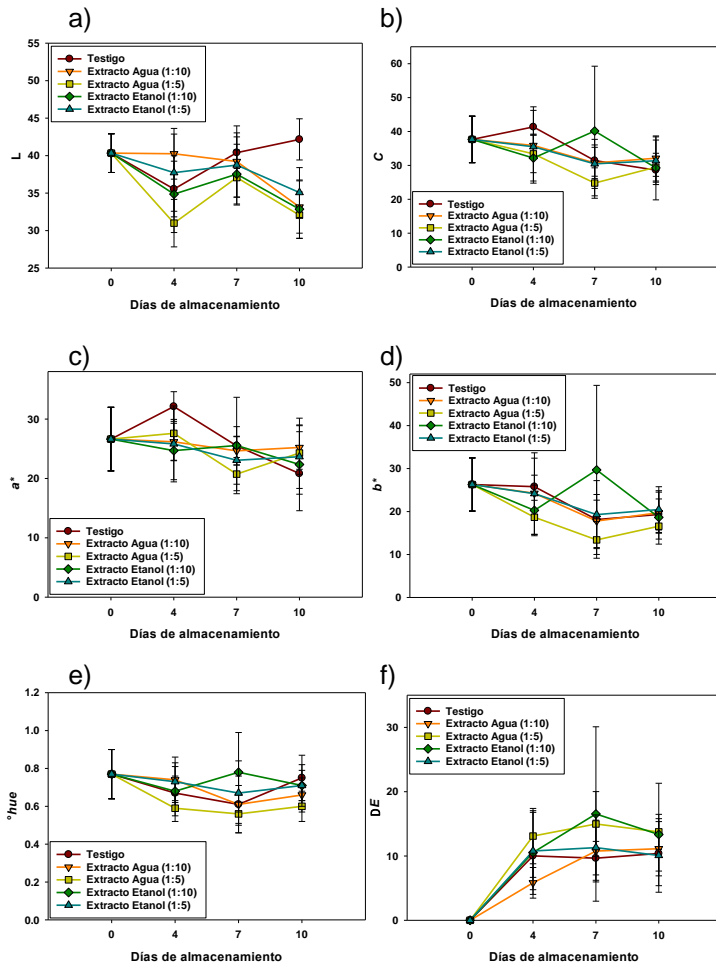


Figura 1. Efecto de extractos de orujo de uva en parámetros colorimétricos de fresa almacenada a 2°C.

Los cambios en los diferentes parámetros de color, en relación a las condiciones de almacenamiento del fruto, pueden deberse a la ruptura de la estructura celular del fruto a bajas temperaturas por el congelamiento del agua presente, ocasionando la formación de exudados acuosos, liberándose del fruto pigmentos y diferentes fitoquímicos.

En cuanto a los sólidos solubles totales (SST), el mayor cambio se observó en el día cuatro, observándose un valor mayor de la fruta control, respecto al de los frutos tratados con los diferentes extractos. La variación de este parámetro en la fresa en presencia de los extractos etanólicos fue mínima a lo largo del tiempo de almacenamiento, tal como se observa en la figura 2. Estudios realizados por Woodward (1972) reportan que la sacarosa, la glucosa y la fructuosa son los azúcares más representativos presentes en fresa madura. La glucosa y la fructuosa se encuentran en proporciones similares en frutos maduros y constituyen un 83% del total de los azúcares.

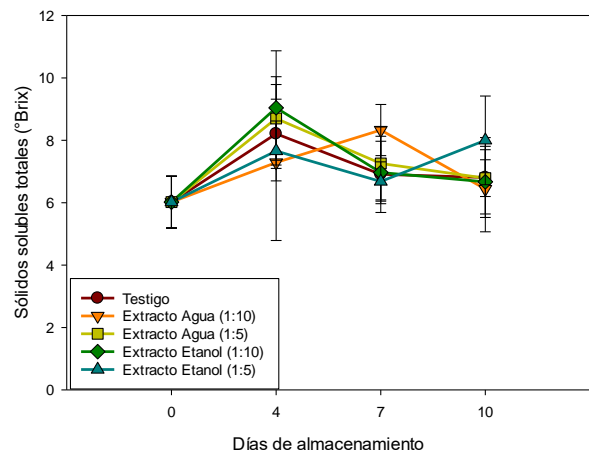


Figura 2. Efecto de los diferentes extractos en el contenido de SST en fresa almacenada a 2°C.

La acidez titulable es una medida del cambio de concentración de los ácidos orgánicos del fruto (Ulrich, 1970). El ácido cítrico es el más abundante en la fresa, seguido del málico, succínico y ascórbico, razón por la cual los resultados de acidez titulable se expresan en porcentaje de ácido cítrico, siendo que el aumento del mismo podría relacionarse con la mejor conservación del fruto, cuando éste se encuentra en su estado óptimo de maduración (Proexant, 2004). De acuerdo a la figura 3, la acidez titulable de los frutos que fueron inmersos en los diferentes extractos, presentaron un valor ligeramente menor en el % ácido cítrico, respecto al del fruto control; sin embargo, la variación de este parámetro fue mínima a lo largo del tiempo de almacenamiento.

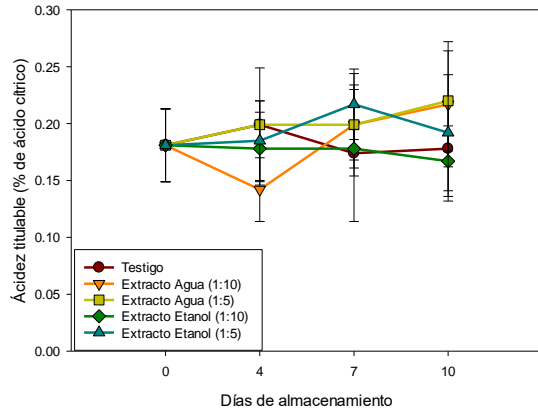


Figura 3. Efecto de los diferentes extractos en la acidez titulable en fresa almacenada a 2°C.

La acidez titulable nos permite conocer la evolución del grado de madurez en las fresas, parámetro resultante de la relación entre la cantidad de ácido cítrico presente respecto a la de los sólidos solubles totales (índice de madurez, figura 4) (Ellis, 1994). La fresa es un fruto no climatérico, es decir, que su madurez óptima es alcanzada en la propia planta y, por lo tanto, no madurará durante la poscosecha. Por lo anterior, la posible variación en el contenido de ácido cítrico mostrada en los resultados del presente trabajo, puede deberse a la pérdida de sólidos solubles durante la formación de exudados acuosos anteriormente mencionados por efecto del deterioro de la pared celular y/o por la variación experimental durante el muestreo, ya que la determinación de este parámetro requiere la destrucción del fruto durante la toma de muestra.

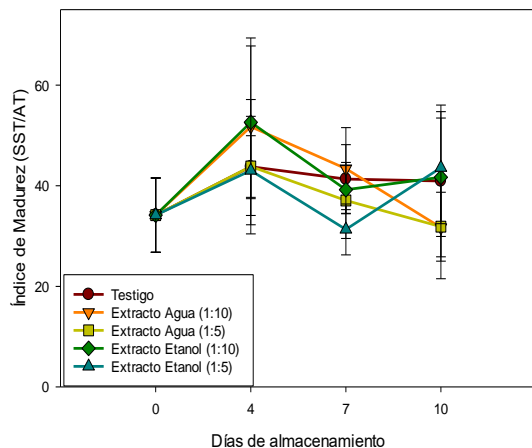


Figura 4. Efecto de los diferentes extractos en el índice de madurez en fresa almacenada a 2°C

El color es uno de los parámetros de calidad que más información proporciona sobre la vida de anaquel de las fresas, pudiendo ser monitoreada mediante

técnicas colorimétricas, como los parámetros L, a* y b*, que se refieren a la luminosidad, coloración que va de rojo a verde, y coloración que va de amarillo a azul, respectivamente (color externo), como ya se explicó con anterioridad, y mediante espectrofotometría visible (color total). El color total se mide con la concentración de antocianinas, siendo la cianidina 3-glucosido, la mayoritaria en la fresa (García y Aguilera, 1995; Giusti y Wrolstad, 2001). Las fresas recién cosechadas presentan un color rojo-rosáceo, brillante, que con el tiempo y temperatura ambiente pasa a rojo-marrón, opaco. Esta disminución del color rojo es causada por el oscurecimiento oxidativo, observándose un oscurecimiento de la fresa, presentando un color más cercano al marrón que al rojo, la cual se relaciona con la presencia de reacciones de pardeamiento u oscurecimiento enzimático de Maillard y de degradación de ácido ascórbico, siendo variables estos cambios de coloración según las condiciones de temperatura, y tiempo de almacenamiento (García y Aguilera, 1995). De acuerdo a lo observado en la figura 5, los resultados obtenidos en el presente estudio, el extracto acuoso (dilución 1:5) fue el que mostró una mayor estabilidad en el contenido de antocianinas.

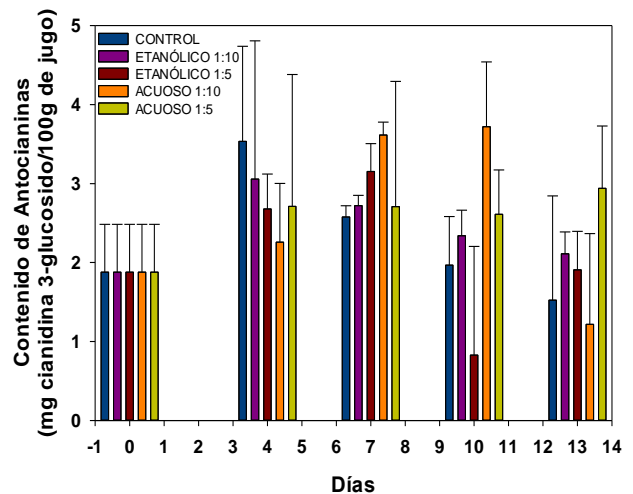


Figura 5. Efecto de los diferentes extractos en el contenido de antocianinas en fresa almacenada a 2°C.

En general, al final del tiempo de muestreo, se observó una disminución del contenido de antocianinas con respecto al día inicial; adicionalmente en el día 10, la cantidad de antocianinas presente en los frutos con los tratamientos acuosos y en el etanólico (1:10) fue mayor al del fruto control.

Conclusiones

El comportamiento de los parámetros de calidad poscosecha de la fresa son altamente dependientes de las condiciones de almacenamiento (tiempo y temperatura), así como, del tratamiento al que sea sometido antes o durante el almacenamiento. Las bajas temperaturas al que se somete el fruto, afectan directamente a su textura, ocasionándole un daño estructural celular, lo que ocasiona la liberación de exudados acuosos que conllevan a la pérdida y degradación de nutrientes, como lo son las antocianinas. El valor de la acidez titulable, permanece sin variación importante, así como, los sólidos solubles, puestos que por ser la fresa un fruto no climatérico, estos parámetros no pueden modificar su índice de madurez, ya que su valor óptimo de éste lo consiguen mientras se encuentran todavía en la planta. Los extractos etanólicos de orujo de uva permitieron la conservación principalmente del color y del contenido de antocianinas de las fresas, pudiendo ser empleado como un tratamiento poscosecha en estos frutos.

Referencias

- Alcántara, M.L. (2009). Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado, Universidad Politécnica de Valencia, España, Tesis de doctorado, 7-53.
- Artés, F., Gómez, P.A., Artés-Hernández, F. (2007). Physical, physiological and microbial deterioration of minimally fresh processed fruits and vegetables. *Food Science and Technology International*, 13(3), 177-188.
- Apolinar-Valiente, R., Romero-Cascales, I., Gomez-Plaza, E., López-Roca, J.M., Ros-García, J.M. (2015). The composition of cell walls from grape marcs is affected by grape origin and enological technique. *Food Chemistry*. 167, 370-377.
- Ellis, M.J. (1994). The methodology of shelf life determination. In *Shelf life evaluation of foods*. Springer, Boston, MA. pp. 27-39
- García, J.M., Aguilera, C. (1995) Postharvest heat treatment on Spanish strawberry (*Fragaria x ananassa* cv. Tudla). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 1489-1492.
- García, M.A. (2008). Películas y cubiertas de quitosano en la conservación de vegetales, *Revista Ciencia y Tecnología de Alimentos*, La Habana, Cuba, Vol. 18, N° 1, pp. 71-76.
- García Becerra, L.E. (2010). Actividad biológica e identificación de compuestos del extracto de orujo de uva (*Vitis vinifera*. var. Ruby Cabernet). Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Giusti, M.M., Wrolstad, R.E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, F1.2.1-F1.2.13.
- Benouaret, R., Goupil, P. (2015). Grape marc extract-induced defense reactions and protection against *Phytophthora parasitica* are impaired in NahG tobacco plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(30), 6653–6659.
- Friedman, M. (2014). Antibacterial, antiviral, and antifungal properties of wines and winery byproducts in relation to their flavonoid content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(26), 6025-6042.
- Indiarto, R., Izzati, A.N., Djali, M. (2020). Post-harvest handling technologies of tropical fruits: a review. *International Journal*, 8(7), 3951-3957.
- Lata, R., Chowdhury, S., Gond, S.K., White Jr, J.F. (2018). Induction of abiotic stress tolerance in plants by endophytic microbes. *Letters in Applied Microbiology*, 66(4), 268-276.
- Matamoros Rodríguez, G. (2017). Aplicación de luz ultravioleta de onda corta (UV-C) como tratamiento poscosecha y su efecto sobre características fisicoquímicas y calidad fitosanitaria en el fruto de papaya (*Carica papaya* L.) híbrido "Pococi". Tesis. Universidad de Costa Rica. 111 pp.
- Mitcham, E.J., Crisosto, C.H., Kader, A.A. (2013). Fresa (frutilla): Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha. *Postharvest Technology Center*. UC Davis EUA. http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/fresa_Frutilla
- Mogoşanu, G.D., Grumezescu, A.M., Bejenaru, C., Bejenaru, L.E. (2017). Natural products used for food preservation. In *Food Preservation*. Academic Press. pp. 365-411.
- Muhlack, R.A., Potumarthi, R., Jeffery, D.W. (2018). Sustainable wineries through waste valorization: A review of grape marc utilization for value-added products. *Waste Management*, 72, 99-118.
- Nassiri-Asl, M., Hosseinzadeh, H. (2016). Review of the pharmacological effects of *Vitis vinifera* (Grape) and its bioactive constituents: an update. *Phytotherapy Research*, 30(9), 1392-1403.
- Nicolopoulou-Stamati, P., Maipas, S., Stamatis, P., Hens, L. (2016). Chemical pesticides and human health: The urgent need for a new concept in agriculture. *Frontiers in Public Health*, 4, 1-8.

- Parfitt, J., Barthel, M., Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365, 3065-3081
- Pereira, D.T.V., Tarone, A.G., Cazarin, C.B.B., Barbero, G.F., Martinez, J. (2019). Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from grape marc. *Journal of Food Engineering*, 240, 105-113.
- Porat, R., Lichter, A., Terry, L.A., Harker, R., Buzby, J. (2018). Postharvest losses of fruit and vegetables during retail and in consumers' homes: Quantifications, causes, and means of prevention. *Postharvest Biology and Technology*, 139, 135-149.
- Proexant (2004). Manual de la frutilla disponible en www.proexant.org.ec.
- Rama, J.L.R., Mallo, N., Biddau, M., Fernandes, F., de Miguel, T., Sheiner, L., Choupina, A., Lores, M. (2020). Exploring the powerful phytoarsenal of white grape marc against bacteria and parasites causing significant diseases. *Environmental Science and Pollution Research International*. 28(19), 24270-24278.
- Sagar, N.A., Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E.M., Lobo, M.G. (2018). Fruit and vegetable waste: Bioactive compounds, their extraction. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(3), 512-531.
- Schweizer, P., Pokorny, J., Abderhalden, O., Dudler, R. (1999). A transient assay system for the functional assessment of defense-related genes in wheat. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 12(8), 647-654.
- Toivonen, P.M., Brummell, D.A. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48(1), 1-14.
- Ulrich, R. (1970). Organic acids. En: *Biochemistry of Fruits and Their Products*. Academic Press. New York, USA. 1, 89-118.
- Woodward, J.R. (1972). Physical and chemical changes in developing strawberry fruits. *Journal Science Food Agricultural*, 23, 465-473.