# EVALUACIÓN DE ALMIDÓN COMO RECUBRIMIENTO COMESTIBLE SOBRE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN FRUTOS DE GUANÁBANA (*Anonna muricata* L.)

# EVALUATION OF STARCH AS AN EDIBLE COATING ON PHENOLIC COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY IN GUANABANA (*Anonna muricata* L.) FRUITS

**Miguel A. De los Santos-Santos[1], José O. Jiménez-Zurita[2]*, Rosendo Balois-Morales[2] e Irán Alia-Tejacal[3]**

[1]Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), Unidad Académica de Agricultura, Programa de Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias, Xalisco, Nayarit, México. [2]UAN, Unidad de Tecnología de Alimentos, Tepic Nayarit. México. [3]Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, Cuernavaca Morelos, México.

**Autor de correspondencia* (zurit_8@hotmail.com)

## RESUMEN

El fruto de guanábana (*Annona muricata* L.) es climatérico y altamente perecedero, presenta alta tasa de respiración que ocasiona un acelerado ablandamiento de los frutos, lo que se manifiesta en una corta vida de anaquel y provoca varios problemas en su manejo postcosecha y, en consecuencia, su almacenamiento y comercialización se ven limitados. Los recubrimientos comestibles son una alternativa que puede ayudar a incrementar la vida de anaquel, además de conservar las características fisicoquímicas, fisiológicas y nutracéuticas (compuestos bioactivos) asociadas con la calidad de los frutos. El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios en la actividad antioxidante por los métodos DPPH, ABTS y FRAP, así como el contenido de fenoles, flavonoides y vitamina C durante la maduración de frutos de guanábana sin y con recubrimiento a base de almidón, almacenados a 22 y 15 ± 2 °C, con humedad relativa de 90 %. Los frutos con recubrimiento almacenados a 15 ± 2 ºC presentaron la mayor actividad antioxidante (mg EAA/100 g.p.f.), 285 (DPPH) y 15.92 (FRAP), respectivamente, mientras que en los frutos sin recubrimiento a la misma temperatura de almacenamiento la actividad antioxidante fue menor, con 46.5 y 52.4 (ABTS); asimismo, bajo estas condiciones la concentración de compuestos fenólicos fue de 90.6 y 93.98 mg EAG/100 g.p.f. Con respecto a la concentración de vitamina C y flavonoides, éstos fueron mayores en los frutos con recubrimiento almacenados a 15 ± 2 °C con 31.79 mg EAA/100 g.p.f. y 95.93 mg EQ/100 g.p.f., respectivamente.

**Palabras clave:** *Annona muricata*, actividad antioxidante, compuestos fenólicos, flavonoides, refrigeración, vitamina C.

## SUMMARY

Soursop fruit (*Annona muricata* L.) is climacteric and highly perishable, it has a high respiration rate that causes an accelerated softening of the fruits, which is manifested in a short shelf life and causes several problems in its postharvest handling and, consequently, their storage and commercialization are limited. Edible coatings are an alternative that can help to increase shelf life, in addition to preserving the physicochemical, physiological and nutraceutical characteristics (bioactive compounds) associated with the quality of the fruits. The objective of this study was to evaluate the changes in antioxidant activity by the DPPH, ABTS and FRAP methods, as well as the content of phenols, flavonoids and vitamin C during the maturation of soursop fruits without and with starch-based coating, stored at 22 and 15 ± 2 °C with relative humidity of 90 %. The coated fruits stored at 15 ± 2 ºC presented the highest antioxidant activity (mg EAA/100 g.f.w.), 285 (DPPH) and 15.92 (FRAP), respectively; while in the uncoated fruits at the same storage temperature, their antioxidant activity was lower, 46.5 and 52.4 (ABTS); likewise, under these conditions the concentration of phenolic compounds was 90.6 and 93.98 mg EAG/100 g.f.w. Regarding the concentration of vitamin C and flavonoids, it was higher in the coated fruits stored at 15 ± 2 °C with 31.79 mg EAA/100 g.f.w. and 95.93 mg EQ/100 g.f.w., respectively.

**Index words:** *Annona muricata*, antioxidant activity, flavonoids, phenolic compounds, refrigeration, vitamin C.

## INTRODUCCIÓN

La guanábana (*Annona muricata* L.) se cultiva en México principalmente en los estados de Michoacán, Colima y Nayarit; este último es el mayor productor con 21,810.86 t (SIAP, 2019). Los frutos de guanábana se consumen en fresco, el 85 % de la parte aprovechable del fruto es la pulpa, la cual es de sabor agradable y se utiliza en la preparación de postres y bebidas, además de aportar sustancias bioactivas como vitamina C, flavonoides, antocianinas, carotenoides, β-caroteno, α-caroteno y β-criptoxantina, así como otros metabolitos secundarios como compuestos fenólicos, a los cuales se les atribuye actividad antioxidante y propiedades funcionales (Correa *et al*., 2012; Lako *et al*., 2007).

La guanábana es un fruto perecedero que, a temperatura ambiente y cuando se cosecha en madurez fisiológica, completa la maduración hasta en 6 d. Este comportamiento puede ser atribuido al patrón respiratorio del fruto, el cual puede presentar dos picos climatéricos, lo que hace que sea extremadamente perecedero (Bruinsma y Paull, 1984; Pareek *et al*., 2011; Paull, 1982). En el estado de Nayarit no se cuenta con un adecuado sistema de postcosecha, lo que conlleva a la inadecuada manipulación del fruto durante su manejo, como consecuencia de la deficiencia

**Recibido:** 20 de Junio de 2019
**Aceptado:** 12 de Agosto de 2020

en el conocimiento del fruto (Jiménez-Zurita *et al*., 2016), lo que causa pérdidas de hasta 60 % del valor de la cosecha (Tovar-Gómez *et al*., 2011). Por lo tanto, existe interés en investigar tecnologías postcosecha que puedan alargar la vida de anaquel y que mantengan la calidad nutricional de la guanábana (Moreno-Hernández *et al*., 2014). Una alternativa para mejorar el manejo postcosecha y mantener la calidad de los productos hortofrutícolas es el uso de recubrimientos los cuales pueden ser no comestibles (Valle-Ortiz *et al*., 2019) o comestibles (Park *et al*., 2014), éstos forman una matriz continua y delgada que se estructura alrededor del alimento, proporcionan una cubierta protectora adicional que prolonga la vida de anaquel y disminuyen la pérdida de peso y de firmeza de las frutas y verduras (Quintero *et al*., 2010; Vázquez-Briones y Guerrero-Beltrán, 2013).

Existen investigaciones en las cuales se han aplicado recubrimientos comestibles en frutos (emulsiones de cera, pectinas o alginatos) y se ha observado que la aplicación de éstos mantiene el contenido de algunos compuestos como vitamina C, compuestos fenólicos y actividad antioxidante (Moreno-Hernández *et al*., 2014; Oms-Oliu *et al*., 2008). El almidón se ha utilizado como recubrimiento comestible debido a su baja permeabilidad al oxígeno, alta permeabilidad al vapor de agua y a la capacidad de formar un recubrimiento insípido, inodoro y transparente (Dussán-Sarria *et al*., 2014). Existen diferentes investigaciones sobre almacenamiento postcosecha en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum*), guayaba (*Psidium guajava*) y mango (*Mangifera indica*), donde se ha observado el efecto del almidón sobre la maduración (Achipiz *et al*., 2013; Barco *et al*., 2011; Bello-Lara *et al*., 2016), por lo que los recubrimientos elaborados con almidón se han convertido en una alternativa interesante, porque permiten mantener los compuestos bioactivos de los frutos y prolongar su vida útil al reducir las pérdidas postcosecha (Ramos-García *et al*., 2018).

Por otro lado, la determinación de la actividad antioxidante por distintos métodos (DPPH, ABTS y FRAP) proporciona una idea aproximada de la capacidad antioxidante total de los compuestos bioactivos, los cuales captan los radicales libres generados y actúan en contra de los efectos perjudiciales de los procesos de oxidación (Kim *et al*., 2002; Kuskoski *et al*., 2005; Sellappan *et al*., 2002). En este contexto, es necesario encontrar alternativas que ayuden a incrementar la vida postcosecha, además de conservar la calidad y compuestos bioactivos con capacidad antioxidante de los frutos de guanábana, ya que son características que el consumidor demanda; por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar los cambios en los compuestos bioactivos y actividad antioxidante de frutos de guanábana recubiertos con almidón de guanábana al 2 %, almacenados a 22 y 15 ± 2 °C.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material biológico

Se utilizaron frutos de guanábana cosechados en madurez fisiológica (pH: 6.2, 6.5 °Brix, 0.1 % de ácido málico) a los 160 días después de la antesis, cuando los frutos presentaban color verde claro o amarillo (L: 45, C:16.5, °H: 110), etapa idónea para la recolección de éstos (Balois-Morales *et al*., 2019). La cosecha se realizó en una huerta comercial ubicada en el ejido Venustiano Carranza del municipio de Tepic, Nayarit (21° 32' 2.77'' N, 104° 58' 37.73'' O, 893 msnm) (Jiménez-Zurita *et al*., 2016), entre las 7:00 y 8:00 a.m. hora del Pacífico de México, los frutos se colocaron en cajas de plástico y se transportaron al laboratorio de análisis especiales de la Unidad de Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma de Nayarit. En el laboratorio se realizó una selección de frutos de 800 a 1000 g, se descartaron de manera visual aquellos con daños físicos, mecánicos y fitopatológicos; posteriormente, se lavaron con una solución de agua con hipoclorito de sodio al 1 % (v/v) para evitar proliferación de microorganismos dañinos, los frutos se dejaron estilar hasta que se evaporó el agua y se procedió a aplicar el recubrimiento de almidón.

### Obtención, elaboración y aplicación del recubrimiento

El almidón se obtuvo de la pulpa de guanábana en madurez fisiológica mediante extracción con agua (Flores-Gorosquera *et al*., 2004). Para la elaboración del recubrimiento se preparó una solución al 2 % de almidón de guanábana en agua (p/v) a una temperatura de 50 °C ± 2 durante 30 min en agitación constante. El recubrimiento de almidón se aplicó por inmersión durante 1 min en los frutos, después se dejaron secar durante 5 min a temperatura ambiente. Los frutos se almacenaron en una cámara de climatización (ClimaCell®, Angelbachtal, Alemania) a temperatura de 22 y 15 ± 2 °C y 90 % HR.

### Organización experimental

Los frutos se agruparon en cuatro lotes (30 frutos por lote) a los cuales se asignaron los tratamientos: T1 y T2 (frutos sin y con recubrimiento almacenados por 10 d a 22 ± 2 °C y 90 % HR), T3 y T4 (frutos sin y con recubrimiento almacenados durante 4 d a 15 ± 2 °C y 90 % HR, y transferidos a 22 °C por 8 d). Las evaluaciones se realizaron a los 0, 2, 4, 6, 8, 10 y 12 días de almacenamiento.

### Variables evaluadas

#### Compuestos fenólicos totales

Se determinaron con el método de Stintzing *et al*. (2005). Para ello, se homogeneizó a 18,000 rpm 1 g de pulpa con agua destilada con ayuda de un homogeneizador (Ultra-Turrax IKA®, Staufen, Alemania). El homogeneizado se centrifugó (Hermle Z326K, Wehingen, Alemania) a 18,510 × *g*, se tomaron 0.5 mL del sobrenadante a los que se les adicionaron 2.5 mL del reactivo Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich) diluidos con agua destilada (1:10 v/v), se dejaron reposar por 5 min y después se agregaron 2 mL de carbonato de sodio (JT Baker) 7.5 % (p/v); para finalizar, se incubaron a temperatura ambiente durante 30 min. Al término del tiempo, se midió la absorbancia en un lector de microplacas (PowerWave™ XS, Biotek®, Winooski, Vermont, EUA) a una longitud de onda de 765 nm. Para la determinación de la concentración de las muestras se utilizó una curva estándar a una concentración de 0 a 400 mg equivalentes de ácido gálico (mg EAG). Los resultados obtenidos se expresaron en mg EAG/100 g.p.f.

#### Actividad antioxidante

Para la determinación de la actividad antioxidante (DPPH, ABTS y FRAP) se homogeneizó a 18000 rpm 1 g de pulpa fresca de guanábana en un homogeneizador (Ultra-Turrax T25 IKA®, Alemania) con 10 mL de agua destilada, se centrifugó a 18,510 × *g* a una temperatura de 4 °C durante 30 min (Hermle Z326K, Alemania) para recuperar la fase acuosa.

#### DPPH

Se determinó de acuerdo con la metodología reportada por Morales y Jiménez-Pérez (2001), la cual consiste en preparar una solución de DPPH• (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) (7.4 mg 100 $mL^{-1}$ en etanol al 80 %), se agitó en una placa de agitación magnética (IKA®, Alemania) durante 60 min, se diluyó con metanol al 80 % hasta obtener un valor de absorbancia de entre 0.70 (± 0.02) y 520 nm. Se tomaron 50 µL de la muestra y se colocaron en tubos Eppendorf (1.5 mL), a los que se les agregaron 250 µL de la solución de DPPH, ésta se dejó reposar en condiciones de oscuridad por 30 min; posteriormente, se leyó la absorbancia (Power Wave XS, Biotek, EUA) a una longitud de onda de 520 nm. Para la determinación de la concentración de las muestras se elaboró una curva estándar a concentraciones de 0, 100, 200, 300, 400 mg equivalentes de ácido ascórbico (mg EAA). La actividad antioxidante se expresó en mg EAA/100 g.p.f.

#### ABTS

Se cuantificó de acuerdo con la metodología descrita por Re *et al*. (1999), ésta consiste en preparar dos soluciones, una de ABTS [2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) Sigma-Aldrich 7 mM], y otra de persulfato potásico (Sigma-Aldrich) 2.45 mM con agua destilada. Después, se hizo una mezcla de ambas soluciones (relación 1:1 v/v), esta mezcla se incubó por 16 h en condiciones de oscuridad, temperatura de 23 ± 1 °C en una placa de agitación constante (IKA®, Alemania). Una vez formado el radical ABTS•+, éste se diluyó con etanol (20 %) hasta obtener un valor de absorbancia de 0.70 ± 0.02 a 754 nm. Para la determinación del ensayo se tomaron 10 µL de muestra y se le adicionaron 490 µL de ABTS, se dejó reaccionar durante 7 min y se leyó la absorbancia (PowerWave™ XS, Biotek®, EUA) a 734 nm. Para la determinación de la concentración de las muestras se elaboró una curva estándar a concentraciones de 0, 50, 100, 150, 200 mg equivalentes de ácido ascórbico (mg EAA). Los resultados fueron expresados en mg EAA/100 g.p.f.

#### FRAP

Se determinó por el método de Benzie y Strain (1996), el cual evalúa la habilidad de los compuestos para reducir el hierro (III) a hierro (II). En un tubo Eppendorf se agregaron 25 µL de muestra, 63 µL de buffer de fosfatos (PBS) a una concentración de 0.2 M, pH 6.6 y 63 µL de hexacianoferrato de potasio ($K_3 Fe (CN)_6$ Sigma-Aldrich) al 1 %, la solución se agitó con un vórtex y se incubó durante 30 min a 50 °C, se agregaron 63 µL de ácido tricloroacético (TCA Biopack) al 10 %, se agitó en un vórtex por 1 min, se tomó una alícuota de 126 µL del sobrenadante, misma que se colocó en un tubo Eppendorf y se le agregaron 126 µL de agua destilada y 25 µL de cloruro férrico ($FeCl_3$ Sigma-Aldrich) al 0.1 %, se agitó y se leyó la absorbancia (PowerWave™ XS, Biotek®, EUA) a 700 nm. Para la determinación de la concentración de las muestras se utilizó una curva estándar a concentraciones de 0, 25, 50, 75 y 100 mg equivalentes de ácido ascórbico (mg EAA). Los resultados fueron expresados en mg EAA/100 g.p.f.

#### Vitamina C

Se evaluó por el método de Dürüst *et al*. (1997), el cual consiste en preparar las siguientes soluciones: DCPI (2,6 diclorofenolindofenol sal disódica Sigma-Aldrich) a 24 mg $L^{-1}$ en agua desionizada, amortiguador de acetatos compuesto por 3 g de acetato de sodio anhidro (Merk), 7 mL de agua desionizada y 10 mL de ácido acético glacial (JT Baker). El procedimiento consistió en colocar en viales 50 µL de muestra obtenida a partir de 2 g de pulpa fresca

homogeneizada con 10 mL de ácido tricloroacético (TCA Biopack), los cuales se colocaron en un baño de hielo durante 5 min, se centrifugó a 18,510 × *g* durante 10 min y se adicionaron 50 µL de amortiguador de acetatos y 400 µL de DCPI. Se midió la absorbancia a 520 nm en un lector de microplacas (PowerWave™ XS, Biotek®, EUA). Para la determinación de la concentración de las muestras se elaboró una curva estándar a concentraciones de 0, 25, 50, 75 y 100 mg equivalentes de ácido ascórbico (mg EAA). Los resultados se expresaron en mg EAA/100 g.p.f.

### Flavonoides totales

Se determinó mediante el método de Zhishen *et al*. (1999), el cual consistió en colocar 50 µL en viales de muestra obtenida a partir de 1 g de pulpa fresca de guanábana homogenizado a 18,000 rpm en un Ultra-turrax T25 IKA® con 10 mL de metanol, se centrifugó (Hermle Z326K, Alemania) a 18,510 × *g* a una temperatura de 4 °C durante 30 min para recuperar la fase acuosa. Se colocaron 50 µL de muestra con 100 µL de agua desionizada, se adicionaron 10 µL de nitrito de sodio ($NaNO_2$ Sigma-Aldrich) al 15 % y se agitó en un vórtex; posteriormente, se dejó en reposo durante 6 min en oscuridad a una temperatura de 23 °C; transcurrido el tiempo, se agregaron 15 µL de cloruro de aluminio ($AlCl_3$ Sigma Aldrich) al 10 %, y de nuevo se dejó reposar durante 6 min en oscuridad a 23 °C. Para finalizar, se agregaron 200 µL de NaOH (4 %) y se agitó la solución. La absorbancia fue medida a 510 nm. Para la determinación de la concentración de las muestras se elaboró una curva estándar a concentraciones de 0, 10, 20, 30, 40 y 50 mg equivalentes de quercetina (mg EQ). Los resultados se expresaron en mg EQ/100 g.p.f.

### Análisis estadístico

Los tratamientos se establecieron bajo un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 2 × 2 (dos temperaturas y dos condiciones de recubrimiento). La unidad experimental fue un fruto con cuatro repeticiones. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y de comparación de medias con la prueba de Tukey con un nivel de significancia $P \leq 0.05$ mediante el software Statistical Analysis System (SAS® V. 9.2) (Castillo, 2011).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Fenoles totales

La concentración de los compuestos fenólicos de los frutos sin y con recubrimiento (T1 y T2) almacenados a 22 ± 2 °C se incrementó conforme los frutos alcanzaron la madurez de consumo. Esta concentración disminuyó en el último día de almacenamiento (Figura 1 A). Se observaron diferencias estadísticas en los efectos de los tratamientos evaluados ($P \leq 0.05$) (Cuadro 1). Diferentes estudios muestran que existe una disminución de la concentración de los fenoles durante la maduración (Aziz y Yusof, 1994; Lima de Oliviera *et al*., 1994; Paull, 1982); por otro lado, dicha concentración puede estar influenciada por factores genéticos y ambientales; además, puede modificarse por reacciones oxidativas durante el almacenamiento (Coêlho de Lima y Alves, 2011).

El incremento de la concentración de los fenoles totales en los frutos recubiertos con almidón al 2 % puede atribuirse al efecto del recubrimiento, ya que éste puede actuar como una atmósfera modificada y, por lo tanto, puede disminuir la respiración, lo que retarda la maduración y senescencia, y evita la oxidación de los compuestos bioactivos como los fenoles (Ávila-Sosa y López-Malo, 2008; Ramos-García *et al*., 2018; Rojas-Graü *et al*., 2008).

Los frutos almacenados a 15 ± 2 °C (T3 y T4) presentaron un comportamiento decreciente después de ser transferidos a 22 ± 2 °C (Figura 1 A); no se observaron diferencias ($P > 0.05$) en los efectos de los tratamientos evaluados (Cuadro 1). La disminución en la concentración de fenoles observada en estos frutos podría atribuirse a la temperatura de almacenamiento, ya que los fenoles presentan un estado de oxidación intermedio con mayor actividad captadora de radicales, lo que promueve o mejora la oxidación enzimática tanto de la polifenoloxidasa como de la peroxidasa (Kaur y Kapoor, 2001; Lima de Oliviera *et al*., 1994); por lo cual, la conservación del contenido de fenoles es de gran importancia desde el punto de vista de la calidad y también en el valor nutricional del fruto (Kevers *et al*., 2007).

### DPPH

Los frutos sin y con recubrimiento (T1 y T2) almacenados a 22 ± 2 °C presentaron incremento en la actividad antioxidante por el método DPPH, registraron mayor concentración al cuarto y sexto día de almacenamiento, misma que disminuyó hacia el final del almacenamiento (Figura 1 B). El análisis estadístico presentó diferencias significativas en los efectos de los tratamientos evaluados ($P \leq 0.05$) (Cuadro 1). El aumento de la capacidad antioxidante (DPPH) podría estar relacionado con el incremento de la concentración de fenoles totales observados en esta investigación, y concuerda con los resultados obtenidos por Akomolafe y Ajayi (2015) en una investigación en frutos de guanábana; dichos autores reportaron que la capacidad de atrapar el radical DPPH está asociada con los compuestos fenólicos presentes, los cuales son capaces de neutralizar los radicales libres; al respecto, Balois-Morales *et al*. (2019) reportaron valores

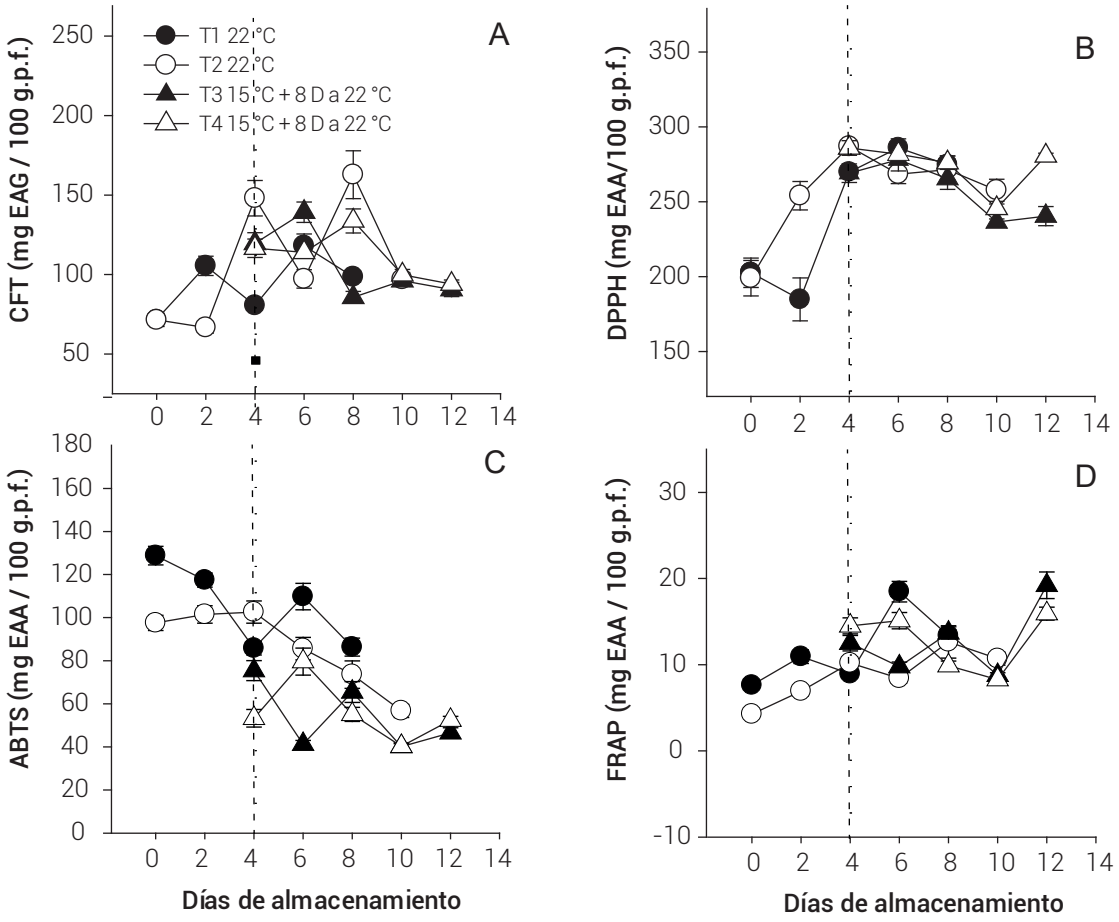



**Figura 1. Contenido de fenoles totales (CFT) y actividad antioxidante (ABTS, DPPH Y FRAP) en frutos de guanábana sin y con recubrimiento, almacenados a 22 y 15 ± 2 °C. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. La línea punteada indica el final del almacenamiento en refrigeración. T1 y T2: frutos sin y con recubrimiento almacenados a 22 ± 2 °C y 90 % HR; T3 y T4: frutos sin y con recubrimiento almacenados durante 4 d a 15 ± 2 °C y 90 % HR, transferidos a 22 ± 2 °C por 8 d.**

**Cuadro 1. Comparación de medias de los tratamientos evaluados en guanábana almacenados a dos temperaturas con y sin recubrimiento.**

| Tratamiento | CFT | DPPH | ABTS | FRAP | FLAV | VITC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | (mg EAG/100 g.p.f.) | (mg EAA/100 g.p.f.) | | | (mg EQ/100 g.p.f.) | (mg EAA/100 g.p.f.) |
| T1 22 °C | 94.88 b | 243.59 c | 105.6 a | 11.86 a | 51.59 c | 22.02 b |
| T2 22 °C | 107.18 a | 256.27 b | 86.23 b | 8.85 b | 60.46 b | 21.24 b |
| T3 15 °C + 8 d a 22 °C | 106.23 a | 257.89 b | 53.75 c | 12.78 a | 79.05 a | 11.71 c |
| T4 15 °C + 8 d a 22 °C | 111.63 a | 274.00 a | 56.13 c | 12.73 a | 79.13 a | 26.29 a |
| CV (%) | 28.78 | 13.44 | 26.59 | 36.21 | 28.12 | 16.86 |
| DSH (0.05) | 9.85 | 11.29 | 6.58 | 1.34 | 6.15 | 1.11 |

Medias con letras iguales en las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05). CFT: compuestos fenólicos totales, actividad antioxidante (DPPH, ABTS y FRAP), FLAV: flavonoides; VITC: vitamina C, CV: coeficiente de variación, DSH: diferencia significativa honesta. T1 y T2: frutos sin y con recubrimiento almacenados a 22 ± 2 °C y 90 % HR, T3 y T4: frutos sin y con recubrimiento almacenados durante 4 d a 15 ± 2 °C y 90 % HR transferidos a 22 ± 2 °C durante 8 d.

de 67.67 y 56.86 mg AAE/100 g.p.f de dos selecciones de guanábana de Nayarit, mientras que Silva y Sirasa (2018) en una investigación realizada con frutos provenientes de Sri Lanka mostraron valores de 247 mg EAA/100 g.p.f., similares a los valores obtenidos en esta investigación.

Los frutos sin y con recubrimientos (T3 y T4) almacenados a 15 ± 2 ºC durante 4 d y posteriormente transferidos a 22 ± 2 ºC mostraron disminución en la actividad antioxidante (DPPH) (Figura 1 B). Se observaron diferencias significativas (P ≤ 0.05) en los efectos de los tratamientos evaluados (Cuadro 1). Balois-Morales *et al*. (2019) reportaron valores de 138.35 y 76.77 mg EAA/100 g.p.f. a los ocho días de almacenamiento de dos selecciones de guanábana almacenadas a 15 °C; además, estos mismos autores observaron incremento en la actividad antirradical durante la maduración. Este comportamiento se observó en la presente investigación y puede ser atribuido al efecto que tienen las temperaturas sobre la síntesis de los compuestos fenólicos y su capacidad de atrapar al radical DPPH (Akomolafe y Ajayi, 2015).

## ABTS

La actividad antioxidante por el método ABTS, de los frutos sin y con recubrimiento almacenados a 22 ± 2 °C (T1 y T2) presentó una disminución hacia el final del almacenamiento (Figura 1 C). Estadísticamente, el efecto de los tratamientos evaluados presentó diferencias significativas (P ≤ 0.05) (Cuadro 1). Diversas investigaciones reportan que la disminución de la actividad antioxidante (ABTS) puede relacionarse con la disminución de los compuestos fenólicos hacia el final de la maduración y la senescencia debido a que en esta etapa los fenoles pueden ser utilizados como sustrato de enzimas como la polifenoloxidasa (Huang *et al*., 2007; Jiménez-Zurita *et al*., 2017). Por su parte, Balois-Morales *et al*. (2019) también observaron una disminución en la actividad antioxidante (ABTS) de frutos de guanábana en el sexto día de almacenamiento a 22 °C, lo cual es similar a lo obtenido en esta investigación.

Los frutos sin y con recubrimiento almacenados a 15 ± 2 °C (T3 y T4) presentaron el mismo comportamiento que los frutos almacenados a 22 ± 2 °C, con una disminución en la actividad antioxidante (ABTS) hacia el final del almacenamiento (Figura 1 C). El análisis estadístico no presentó diferencias significativas en los efectos de los tratamientos evaluados (P ≥ 0.05) (Cuadro 1). Se ha reportado con anterioridad que en frutos de guanábana almacenados a 15 °C la actividad antioxidante (ABTS) se incrementa (Balois-Morales *et al*., 2019).

Los resultados obtenidos en esta investigación no coinciden con lo reportado por Balois-Morales *et al*. (2019), probablemente, debido al recubrimiento aplicado, el cual pudo haber evitado daño por frío causado por la temperatura, así como ruptura celular y liberación de compuestos fenólicos, los cuales tienen gran cantidad de grupos funcionales hidroxilo (OH) en su estructura química, que son responsables de conferir un alto poder antioxidante (Moreno-Hernández *et al*., 2014; Piljac-Žegarac y Šamec, 2011). Por su parte, Jin *et al*. (2011) reportaron que las diferencias observadas en la actividad antioxidante podrían estar relacionadas con la temporada de cosecha, factores genéticos o ambientales, temperaturas de almacenamiento y estados de madurez.

## FRAP

La actividad antioxidante (FRAP) de los frutos sin y con recubrimiento almacenados a 22 ± 2 °C (T1 y T2) mostró incremento transcurrido el periodo de almacenamiento (Figura 1 D). Se observaron diferencias estadísticas en los efectos de los tratamientos evaluados (P ≤ 0.05) (Cuadro 1). En una investigación con frutos de naranja (*Citrus* × *sinensis*), Huang *et al*. (2007) reportaron que la actividad antioxidante por el método FRAP podría estar relacionada con la concentración de vitamina C, la cual se incrementa durante la maduración, además del aumento de los compuestos fenólicos, lo que coincide con los resultados de vitamina C y fenoles de los frutos de guanábana almacenados a 22 ± 2 °C. Por otro lado, Sucupira *et al*. (2012) afirmaron que el incremento o disminución de la actividad antioxidante depende del tipo de sustancias y sus sitios de acción que influyen en la capacidad que éstos tienen para reducir el $Fe_3$ a $Fe_2$.

La actividad antioxidante de los frutos almacenados a 15 ± 2 °C sin y con recubrimientos (T3 y T4) presentó comportamiento creciente, similar a la de los almacenados a 22 ± 2 °C (Figura 1 D); estadísticamente no se encontraron diferencias significativas (P ≥ 0.05) en los efectos de los tratamientos evaluados (Cuadro 1). Balois-Morales *et al*. (2019) observaron un incremento (40.99 a 73.64 mg EAA/100 g.p.f.) en la actividad antioxidante (FRAP) de frutos de guanábana expuestos a 15 °C. En la investigación de Chongchatuporn *et al*. (2013), con frutos de mango 'Nam Dok Mai' almacenados a 4 °C, reportaron que éstos presentaron incremento en la actividad antioxidante (FRAP). Este comportamiento puede deberse a la síntesis de compuestos antioxidantes en respuesta al estrés que pueden generar las temperaturas de refrigeración (Somogyi *et al*., 2007). Por otro lado, la actividad antioxidante puede depender de factores genéticos y manejo postcosecha, por lo que la evaluación durante la maduración del fruto puede verse afectada (Javanmardi y Kubota, 2006).

### Flavonoides

La concentración de flavonoides de los frutos sin y con recubrimiento almacenados a 22 ± 2 °C (T1 y T2) presentó incremento conforme transcurrieron los días de almacenamiento (Figura 2A). Estadísticamente se encontraron diferencias significativas (P ≤ 0.05) en los efectos de los tratamientos evaluados (Cuadro 1). El incremento en las concentraciones de los flavonoides puede deberse a que, durante el proceso de maduración, el almidón es hidrolizado a azúcares de manera muy rápida, lo que favorece la síntesis de los ácidos shikímico y mevalónico, precursores de los fenilpropanoides (Robles-Sánchez *et al*., 2007). Los valores obtenidos en esta investigación son menores a los reportados por Vit *et al*. (2014) en frutos de guanábana originaria de Venezuela, donde se encontraron concentraciones de flavonoides de 574 mg EQ/100 g.p.f. Por su parte, Lako *et al*. (2007) no detectaron contenido de quercetina en pulpa de guanábana.

Estas diferencias en el contenido de flavonoides en cuanto a su presencia y variaciones en los frutos dependen del estado fenológico y del cultivar de la especie vegetal en estudio (Haytowitz *et al*., 2013). En los frutos sin y con recubrimientos almacenados a 15 ± 2 °C (T3 y T4) durante 4 d se registró la mayor concentración de flavonoides al cuarto día; estos mismos frutos al ser expuestos a temperatura de 22 ± 2 °C presentaron una disminución en la concentración al octavo día de almacenamiento (Figura 2A). No se observaron diferencias estadísticas en los efectos de los tratamientos evaluados (P > 0.05) (Cuadro 1). La disminución de la concentración de flavonoides puede verse afectada debido a que la temperatura de almacenamiento (15 ± 2 °C) podría influir en la liberación de compuestos de origen fenólico ligados, ya que se destruye la estructura de la pared celular, lo que permite la liberación de éstos (Zhou *et al*., 2016).

### Vitamina C

A los dos días de almacenamiento, disminuyó el contenido de vitamina C de los frutos sin recubrimiento almacenados a 22 ± 2 °C (T1); en los subsecuentes días de almacenamiento esta concentración se mantuvo constante. Con respecto a los frutos con recubrimiento almacenados a la misma temperatura (T2), éstos mostraron incremento en la concentración de vitamina C (Figura 2 B). Estadísticamente no se observaron diferencias significativas (P > 0.05) en los efectos de los tratamientos evaluados (Cuadro 1). La concentración de vitamina C, en la mayoría de los frutos, suele ser alta durante la madurez fisiológica y disminuye cuando los frutos alcanzan la madurez de consumo (Muhammad *et al*., 2014; Serrano *et al*., 2008), ésto se debe al aumento en la concentración de galactosa y manosa, las cuales son fundamentales para la síntesis de vitamina C (Fenech *et al*., 2019; Ntagkas *et al*., 2019). No obstante, los frutos de guanábana no presentan este comportamiento, el cual aún no ha sido dilucidado.

Se ha reportado que durante la maduración de guanábana (*Annoma muricata* L.) y guanábana cimarrona (*Annona*

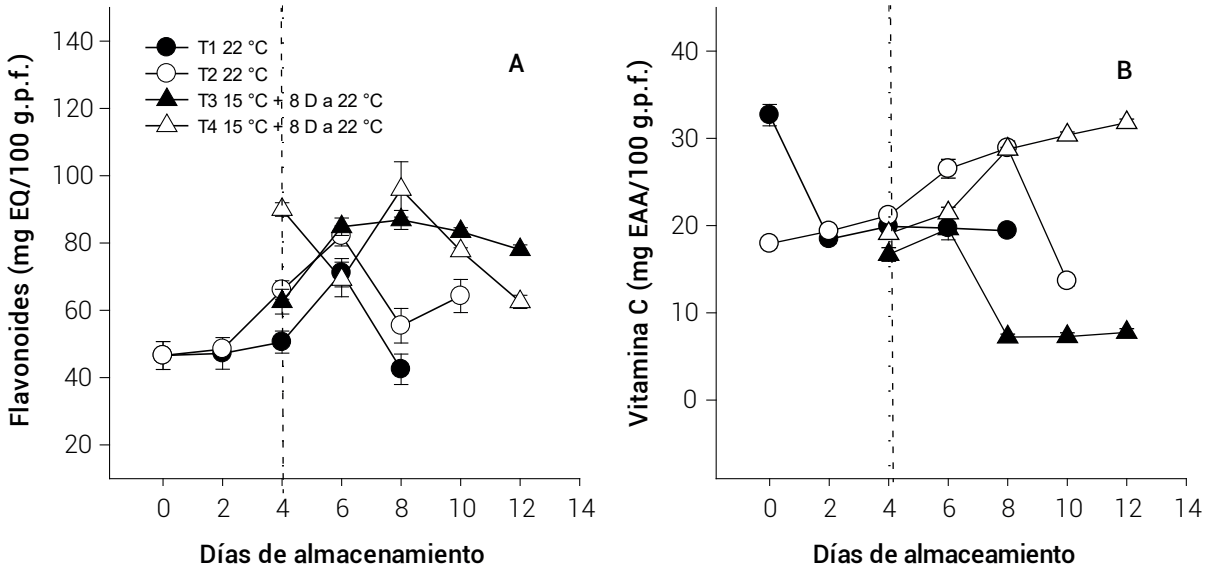



**Figura 2. Contenido de flavonoides y vitamina C en frutos de guanábana a 22 y 15 ± 2 °C. Cada punto representa la media de seis observaciones y su error estándar. La línea punteada indica el final del almacenamiento en refrigeración. T1 y T2: frutos sin y con recubrimiento almacenados a 22 ± 2 °C y 90 % HR; T3 y T4: frutos sin y con recubrimiento almacenados durante 4 d a 15 ± 2 °C y 90 % HR, transferidos a 22 ± 2 °C durante 8 d.**

*glabra* L.) la concentración de vitamina C se incrementa (Arrazola-Paternina *et al*., 2013; Balois-Morales *et al*., 2019; Moreno-Hernández *et al*., 2014). Los frutos almacenados a 15 ± 2 °C sin recubrimiento (T3) registraron decremento en la concentración de vitamina C, caso contrario de los frutos con recubrimiento (T4), los cuales presentaron incremento de esta vitamina (Figura 2B). Estadísticamente el efecto de los tratamientos evaluados presentó diferencias significativas (P ≤ 0.05) (Cuadro 1).

La reducción de la concentración de vitamina C ha sido reportada con anterioridad en frutales tropicales sin recubrimiento, como el kiwi (*Actinidia deliciosa*) y la guayaba. La reducción de este compuesto se atribuye a los daños por frío debido a una reducción en la síntesis (Suárez *et al*., 2009; Tavarini *et al*., 2008). Por otro lado, el incremento de la concentración de vitamina C en frutos recubiertos y almacenados en refrigeración puede estar relacionado con la protección que podría brindar el recubrimiento a un posible daño por frío (Ehteshami, *et al*., 2019). El contenido de vitamina C también puede depender del manejo agronómico, la intensidad luminosa a la que el árbol está expuesto, características genéticas, ubicación geográfica y edad de la planta (Nogueira *et al*., 2002).

## CONCLUSIONES

Los frutos de guanábana almacenados a 22 ± 2 ° C y recubiertos con almidón al 2 % presentaron alto contenido de fenoles. Los frutos recubiertos con almidón al 2 % y almacenados a 15 °C presentaron alto contenido de vitamina C y flavonoides. La actividad antioxidante (DPPH y FRAP) de los frutos de guanábana, almacenados a 15 °C y recubiertos con almidón al 2 %, se incrementó al final de la maduración de consumo.

## AGRADECIMIENTOS

Proyecto apoyado por el Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuacultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos (SAGARPA-CONACyT), clave 266891 y por el Fondo Sectorial de Investigación para la educación (SEP-CONACyT), clave 242718. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) a través de la beca No. 705659.

## BIBLIOGRAFÍA

**Achipiz S. M., A. E. Castillo, S. A. Mosquera, J. L. Hoyos y D. P. Navia (2013)** Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración de la guayaba (*Psidium guajava*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 11:92-100.

**Akomolafe S. F. and O. B. Ajayi (2015)** A comparative study on antioxidant properties, proximate and mineral compositions of the peel and pulp of ripe *Annona muricata* (L.) fruit. *International Food Research Journal* 22:2381-2388.

**Arrazola-Paternina G. S., J. L. Barrera-Violeth y M. I. Villalba-Cadavid (2013)** Determinación física y bromatológica de la guanábana cimarrona (*Annona glabra* L.) del departamento de Córdoba. *Orinoquia* 17:13-20.

**Ávila-Sosa R. y A. López-Malo (2008)** Aplicación de sustancias antimicrobianas a películas y recubrimientos comestibles. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 2:4-13.

**Aziz P. A. and S. Yusof (1994)** Physico-chemical characteristics of soursop fruit (*Annona muricata*) during growth and development. *ASEAN Food Journal* 9:147-150,

**Balois-Morales R., J. O. Jiménez-Zurita, I. Alia-Tejacal, G. G. López-Guzmán, Y. A. Palomino-Hermosillo and L. M. Sánchez-Herrera (2019)** Antioxidant enzymes and antioxidant activity in two soursop selections (*Annona muricata* L.) from Nayarit, Mexico stored at 15 °C. *Revista Brasileira de Fruticultura* 41:e-083, https://doi.org/10.1590/0100-29452019083

**Barco H. P. L., A. C. Burbano D., S. A. Mosquera S., H. S. Villada C. y D. P. Navia P. (2011)** Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *Revista Lasallista de Investigación* 8:96-103.

**Bello-Lara J. E., R. Balois-Morales, P. Juárez-López, I. Alia-Tejacal, C. B. Peña-Valdivia, J. O. Jiménez-Zurita, … y E. I. Jiménez-Ruíz (2016)** Recubrimientos a base de almidón y pectina de plátano 'Pera' (*Musa* ABB), y quitosano aplicados a frutos de mango 'Ataulfo' en postcosecha. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 22:209-218, https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.09.037

**Benzie I. F. F. and J. J. Strain (1996)** The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239:70-76, https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292

**Bruinsma J. and R. E. Paull (1984)** Respiration during postharvest development of soursop fruit (*Annona muricata* L.). *Plant Physiology* 76:131-138, https://doi.org/10.1104/pp.76.1.131

**Castillo M. L. E. (2011)** Introducción al SAS® para Windows. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 295 p.

**Chongchatuporn U., S. Ketsa and W. G. van Doorn (2013)** Chilling injury in mango (*Mangifera indica*) fruit peel: relationship with ascorbic acid concentrations and antioxidant enzyme activities. *Postharvest Biology and Technology* 86:409-417, https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.07.023

**Coêlho de Lima M. A. and R. E. Alves (2011)** Soursop (*Annona muricate* L.). *In*: Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Vol. 4. Mangosteen to White Sapote. E. M. Yahia (ed.). Woodhead Publishing. Cambridge, UK. pp:363-391.

**Correa G. J., D. Ortiz, J. E. Larrahondo, M. Sánchez M. y H. Pachón (2012)** Actividad antioxidante en guanábana (*Annona muricata* L.): una revisión bibliográfica. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 11:111-126.

**Dürüst N., D. Sümengen and Y. Dürüst (1997)** Ascorbic acid and element contents of foods of Trabzon (Turkey). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45:2085-2087, https://doi.org/10.1021/jf9606159

**Dussán-Sarria S., C. Torres-León y P. M. Reyes-Calvache (2014)** Efecto del recubrimiento comestible sobre los atributos fisicoquímicos de mango 'Tommy Atkins' mínimamente procesado y refrigerado. *Acta Agronómica* 63:212-221, https://doi.org/10.15446/acag.v63n3.40973

**Ehteshami S., F. Abdollahi, A. Ramezanian, A. M. Dastjerdi and M. Rahimzadeh (2019)** Enhanced chilling tolerance of pomegranate fruit by edible coatings combined with malic and oxalic acid treatments. *Scientia Horticulturae* 250:388-398, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.075

**Fenech M., I. Amaya, V. Valpuesta and M. A. Botella (2019)** Vitamin C content in fruits: biosynthesis and regulation. *Frontiers in Plant Science* 9:2006. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.02006

**Flores-Gorosquera E., F. J. García-Suárez, E. Flores-Huicochea, M. C. Nuñez-Santiago, R. A. Gónzalez-Soto y L. A. Bello-Pérez (2004)** Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto. *Acta Científica Venezolana* 55:86-90.

**Haytowitz D. B., S. Bhagwat and J. M. Holden (2013)** Sources of variability in the flavonoid content of foods. *Procedia Food Science* 2:46-51, https://doi.org/10.1016/j.profoo.2013.04.008

**Huang R., R. Xia, L. Hu, Y. Lu and M. Wang (2007)** Antioxidant activity and oxygen-scavenging system in orange pulp during fruit ripening and maturation. *Scientia Horticulturae* 113:166-172, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.03.010

**Javanmardi J. J. and C. Kubota (2006)** Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 41:151-155, https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.03.008

**Jiménez-Zurita J. O., R. Balois-Morales, I. Alia-Tejacal, L. M. Sánchez H., E. I. Jiménez-Ruiz, J. E. Bello-Lara, … and P. Juárez-López (2017)** Cold storage of two selections of soursop (*Annona muricata* L.) in Nayarit, Mexico. *Journal of Food Quality* 2017:4517469, https://doi.org/10.1155/2017/4517469

**Jiménez-Zurita J. O., R. Balois-Morales, I. Alia-Tejacal, P. Juárez-López, M. T. Sumaya-Martínez y J. E. Bello-Lara (2016)** Caracterización de frutos de guanábana (*Annona muricata* L.) en Tepic, Nayarit, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7:1261-1270, https://doi.org/10.29312/remexca.v7i6.175

**Jin P., S. Y. Wang, C. Y. Wang and Y. Zheng (2011)** Effect of cultural system and storage temperature on antioxidant capacity and phenolic compounds in strawberries. *Food Chemistry* 124:262-270, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.029

**Kaur C. and H. C. Kapoor (2001)** Antioxidants in fruits and vegetables: the millennium's health. *International Journal of Food Scence + Technology* 36:703-725, https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.00513.x

**Kevers C., M. Falkowski, J. Tabart, J. O. Defraigne, J. Dommes and J. Pincemail (2007)** Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55:8596-8603, https://doi.org/10.1021/jf071736j

**Kim D. O., K. W. Lee, H. J. Lee and C. Y. Lee (2002)** Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolics phytochemicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50:3713-3717, https://doi.org/10.1021/jf020071c

**Kuskoski E. M., A. G. Asuero, A. M. Troncoso, J. Mancini-Filho y R. Fett (2005)** Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 25:726-732, https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016

**Lako J., V. C. Trenerry, M. Wahlqvist, N. Wattanapenpaiboon, S. Sotheeswaran and R. Premier (2007)** Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. *Food Chemistry* 101:1727-1741, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.031

**Lima de Oliviera S., N. Barbosa G., M. I. Sucupira M. and A. V. Souza L. (1994)** Polyphenoloxidase activity, polyphenols concentration and browning intensity during soursop (*Annona muricata* L.) maturation. *Journal of Food Science* 59:1050-1052, https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1994.tb08187.x

**Morales F. J. and S. Jiménez-Pérez (2001)** Free radical scavenging capacity of maillard reaction products as related to colour and fluorescence. *Food Chemistry* 72:119-125, https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00239-9

**Moreno-Hernández C. L., S. G. Sáyago-Ayerdi, H. S. García-Galindo, M. Mata-Montes de Oca and E. Montalvo-González (2014)** Effect of the application of 1-methylcyclopropene and wax emulsions on proximate analysis and some antioxidants of soursop (*Annona muricata* L.). *The Scientific World Journal* 2014:896853, https://doi.org/10.1155/2014/896853

**Muhammad I., S. Ashiru, I. Ibrahim D., A. I. Kanoma, I. Sani and S. Garba (2014)** Effect of ripening stage on vitamin C content in selected fruits. *International Journal of Agriculture, Forestry and Fisheries* 2:60-65.

**Nogueira R. J. M. C., J. A. P. Vieira de Moraes, H. Almeida B. e J. F. da Silva J. (2002)** Efeito do estádio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37:463-470, https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000400006

**Ntagkas N., E. Woltering, S. Bouras, R. C. H. de Vos, J. A. Dieleman, C. C. S. Nicole, … and L. F. M. Marcelis (2019)** Light-induced vitamin C accumulation in tomato fruits is independent of carbohydrate availability. *Plants* 8:86, https://doi.org/10.3390/plants8040086

**Oms-Oliu G., R. Soliva-Fortuny and O. Martín-Belloso (2008)** Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology* 50:87-94, https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.03.005

**Pareek S., E. M. Yahia, O. P. Pareek and R. A. Kaushik (2011)** Postharvest physiology and technology of *Annona* fruits. *Food Research International* 44:1741-1751, https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.016

**Park H. J., Y. J. Byun, Y. T. Kim, W. S. Whiteside and H. J. Bae (2014)** Processes and applications for edible coating and film materials from agropolymers. *In*: Innovations in Food Packaging. Second edition. J. H. Han (ed.). Academic Press. London, UK. pp:257-275, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394601-0.00010-2

**Paull R. E. (1982)** Postharvest variation in composition of soursop (*Annona muricata* L.) fruit in relation to respiration and ethylene production. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 107:582-585.

**Piljac-Žegarac J. and D. Šamec (2011)** Antioxidant stability of small fruits in postharvest storage at room and refrigerator temperatures. *Food Research International* 44:345-350, https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.09.039

**Quintero C. J., V. Falguera y H. A. Muñoz (2010)** Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga* 1:93-118.

**Ramos-García M. L., C. Romero-Bastida y S. Bautista-Baños (2018)** Almidón modificado: propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 19:30-44.

**Re R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang and C. Rice-Evans (1999)** Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26:1231-1237, https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3

**Robles-Sánchez M., S. Gorinstein, O. Martín-Belloso, H. Astiazarán-García, G. González-Aguilar and R. Cruz-Valenzuela (2007)** Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interciencia* 32:227-232.

**Rojas-Graü M., M. S. Tapia y O. Martín-Belloso (2008)** Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *LTW – Food Science and Technology* 41:139-147, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.01.009

**Sellappan S., C.C. Akoh and G. Krewer (2002)** Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50:2432-2438, https://doi.org/10.1021/jf011097r

**Serrano M., P. J. Zapata, F. Guillén, D. Martínez-Romero, S. Castillo and D. Valero (2008)** Post-harvest ripening of tomato. *In*: Tomatoes and Tomato Products: Nutritional, Medicinal and Therapeutic Properties. V. R. Preedy and R. R. Watson (eds.). Science Publishers. Enfield, Connecticut, USA. pp:67-84.

**SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2019)** Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ (Junio 2019).

**Silva K. D. R. R. and M. S. F. Sirasa (2018)** Antioxidant properties of selected fruit cultivars grown in Sri Lanka. *Food Chemistry* 238:203-208, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.102

**Somogyi A., K. Rosta, P. Pusztai, Z. Tulassay and G. Nagy (2007)** Antioxidant measurements. *Physiological Measurement* 28:41-55, https://doi.org/10.1088/0967-3334/28/4/R01

**Stintzing F. C., K. M. Herbach, M. R. Mosshammer, R. Carle, W. Yi, S. Sellappan, … and P. Felker (2005)** Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* ssp.) clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53:442-451, https://doi.org/10.1021/jf048751y

**Suárez J., M. Pérez de Camacaro y A. Giménez (2009)** Efecto de la temperatura y el estado de madurez sobre la calidad poscosecha de la fruta de guayaba (*Psidium guajava* L.) procedente de MERCABAR, estado Lara, Venezuela. *Revista UDO Agrícola* 9:60-69.

**Sucupira R. N., A. B. da Silva, G. Pereira e J. N. da Costa (2012)** Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. *UNOPAR Científica, Ciências Biológicas e da Saúde* 14:263-269.

**Tavarini S., E. Degl'Innocenti, D. Remorini, R. Massai and L. Guidi (2008)** Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. *Food Chemistry* 107:282-288, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.015

**Tovar-Gómez B., M. Mata-Montes de Oca, H. S. García-Galindo y E. Montalvo-González (2011)** Efecto de emulsiones de cera y 1-metilciclopropeno en la conservación poscosecha de guanábana. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17:53-61, https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.17.038

**Valle-Ortiz D. J., A. Gómez-Cruz, A. D. Hernández-Fuentes and Salvador Valle-Guadarrama (2019)** Microbial control in white cactus pear with biopolymeric coating of chitosan, candelilla wax and thyme essential oil. *Revista Fitotecnia Mexicana* 42:201-207, https://doi.org/10.35196/rfm.2019.3.201-207

**Vázquez-Briones M. C. y J. A. Guerrero-Beltrán (2013)** Recubrimientos de frutas con biopelículas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 7:5-14.

**Vit P., B. Santiago y E. M. Pérez-Pérez (2014)** Composición química y actividad antioxidante de pulpa, hoja y semilla de guanábana *Annona muricata* L. *Interciencia* 39:350-353.

**Zhishen J., T. Mengcheng and W. Jianming (1999)** The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry* 64:555-559, https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2

**Zhou L., Z. Cao, J. Bi, J. Yi, Q. Chen, X. Wu and M. Zhou (2016)** Degradation kinetics of total phenolic compounds, capsaicinoids and antioxidant activity in red pepper during hot air and infrared drying process. *International Journal of Food Science + Technology* 51:842-853, https://doi.org/10.1111/ijfs.13050