

## Tópicos del manejo poscosecha del fruto de guanábana (*Annona muricata* L.)\*

## Topics of postharvest handling of soursop fruit (*Annona muricata* L.)

José Orlando Jiménez-Zurita<sup>1</sup>, Rosendo Balois-Morales<sup>2§</sup>, Irán Alia-Tejaca<sup>3</sup>, Porfirio Juárez-López<sup>3</sup>, Edgar Iván Jiménez-Ruíz<sup>2</sup>, María Teresa Sumaya-Martínez<sup>2</sup> y Juan Esteban Bello-Lara<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias-Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela km 9. Xalisco, Nayarit, México. CP. 63780. (zurit\_8@hotmail.com; estebanbela@hotmail.com). <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nayarit- Secretaría de Investigación y Posgrado. Ciudad de la Cultura S/N. Tepic, Nayarit, México. CP. 63000. (teresumaya@hotmail.com). <sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias-Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001. Cuernavaca, Morelos, México. CP. 62210. (ijac96@yahoo.com.mx; porfiriojlopez@yahoo.com). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: balois\_uanayar@hotmail.com.

### Resumen

El sistema poscosecha de los frutos de guanábana (*Annona muricata* L.) aún no está desarrollado completamente, por lo que existen diversos problemas durante el manejo de los frutos. El ablandamiento acelerado, durante el almacenamiento postcosecha, y su comercialización es un problema constante y de suma importancia. Los frutos de guanábana son del tipo climatérico, caracterizándose por su alta tasa de respiración y producción de etileno, aunado a una actividad enzimática alta y su sensibilidad al frío. Los periodos prolongados de almacenamiento aun no son posibles, debido principalmente a la alta susceptibilidad al daño por frío. La información científica al respecto es aun limitada y dispersa y aunque se ha realizado investigación al respecto, ésta ha sido insuficiente. En este documento se hace una recopilación de las investigaciones más importantes, especialmente en las generalidades del fruto, la respiración, producción de etileno, cambios de maduración, actividad enzimática y técnicas de almacenamiento postcosecha para extender la vida de anaquel del fruto.

### Abstract

Postharvest system of the soursop fruits (*Annona muricata* L.) is not yet fully developed, so there are several problems during fruit handling. Accelerated softening during postharvest storage, and its commercialization is a constant and very important problem. Soursop fruits are of climacteric type, characterized by its high respiration rate and ethylene production, coupled with a high enzymatic activity and its sensitivity to cold. Long storage periods are not yet possible, mainly due to the high susceptibility to cold damage. Scientific information on this subject is still limited and dispersed and although research has been carried out on this subject, it has been insufficient. This paper compiles the most important researches, especially about fruit generalities, respiration, ethylene production, maturation changes, enzymatic activity and postharvest storage techniques to extend the shelf life of the fruit.

**Keywords:** *Annona muricata* L., cooling, enzymes, maturation, postharvest.

\* Recibido: marzo de 2017  
Aceptado: mayo de 2017

**Palabras clave:** *Annona muricata*, enzimas, maduración, poscosecha, refrigeración.

## Introducción

La guanábana (*Annona muricata* L.) pertenece al género *Annona* y a la familia *Annonaceae*, es originaria de América y África tropical, con la llegada de los españoles a América fue distribuida en los trópicos y hoy en día es posible encontrarla en el oeste de la India, en norte y sur de América, islas del pacífico y en el sureste de Asia (Badrie y Schauss, 2010; Bicas *et al.*, 2011). Su óptimo desarrollo es a una altitud menor a 1 200 msnm, temperatura media entre 25 y 28 °C y humedad relativa entre 60 y 80% (Pinto *et al.*, 2005). No se ha encontrado descripción referente a las variedades de guanábana; sin embargo, existen clasificaciones botánicas diferentes en cada país. Además, se presentan diferentes tipos de guanábana clasificados según el sabor, la forma y la consistencia de la pulpa (Correa *et al.*, 2012).

Con el fin de incrementar la vida poscosecha del fruto de guanábana es necesario generar mayor información sobre el metabolismo del fruto y técnicas de conservación adecuadas a los estándares de calidad de los diferentes mercados. En la actualidad, en cuanto a las tecnologías de manejo poscosecha, existen estudios en los cuales se aplica el uso de la refrigeración, el envasado en atmósfera modificada, revestimientos e inhibidores del etileno (Lima y Alves, 2011). Por su sabor característico, el fruto, de la guanábana presenta un gran potencial para ser explotado y conquistar nuevos mercados.

Esto dependerá del desarrollo y el empleo de tecnologías de manejo y conservación poscosecha eficientes: sin ellas, la venta del fruto se limitaría a las regiones cercanas a las zonas de cultivo. A pesar de los problemas de conservación poscosecha, se ha realizado muy poca investigación sobre el fruto de guanábana; los estudios generalmente han caracterizado la maduración del fruto a través de cambios en el color de la cáscara, los niveles de azúcares, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos que se encuentran en la pulpa (Paull *et al.*, 1983; Aziz y Yusof, 1994; Lima y Alves, 2011). Por lo que el objetivo de esta compilación es recopilar y conocer sobre el buen manejo poscosecha, así como las tecnologías de conservación que incrementen la vida de anaquel del fruto de guanábana.

## Introduction

Soursop (*Annona muricata* L.) belongs to the *Annona* genus and the *Annonaceae* family, is native to America and tropical Africa, with the arrival of the spaniards to America it was distributed in the tropics and today it can be found in the west of India, North and South America, Pacific Islands and Southeast Asia (Badrie and Schauss, 2010; Bicas *et al.*, 2011). Its optimum development occurs in less than 1 200 m altitude, average temperature between 25 and 28 °C and relative humidity between 60 and 80% (Pinto *et al.*, 2005). No description has been found referring to the soursop varieties; however, there are different botanical classifications in each country. In addition, there are different types of soursop classified by taste, shape and pulp consistency (Correa *et al.*, 2012).

In order to increase the postharvest life of the guanabana fruit it is necessary to generate more information about the fruit metabolism and conservation techniques adapted to the quality standards of different markets. At present, there are studies on post-harvest management technologies in which the use of refrigeration, modified atmosphere packaging, ethylene coatings and inhibitors (Lima and Alves, 2011). Because of its characteristic flavor, the soursop fruit has great potential to be exploited and conquer new markets.

This will depend on the development and use of efficient post-harvest management and conservation technologies: without them, the fruit sale would be limited to the regions close to the growing areas. Despite post-harvest conservation problems, little research has been done on soursop fruit; studies have generally characterized fruit ripening through changes in skin color, levels of sugars, organic acids and phenolic compounds found in the pulp (Paull *et al.*, 1983; Aziz and Yusof, 1994; Lima and Alves, 2011). So the objective of this paper is to gather and know about good postharvest management, as well as conservation technologies that would increase the shelf life of soursop fruit.

### General characteristics of soursop fruit

The soursop plant is a tree from 3 to 10 m tall, branched, conical, leafy, with elliptical oval leaves of 2 to 6 cm wide by 6 to 12 cm long, with axillary buds. The root is pivotal with strong branching anchorage, the highest percentage is found in the first 30 cm of depth. The flowers are hermaphrodite,

### Características generales del fruto de guanábana

La planta de guanábana es un árbol de 3 a 10 m de alto, ramificado, cónico, frondoso, con hojas ovaladas elípticas de 2 a 6 cm de ancho por 6 a 12 cm de largo, con yemas axilares. La raíz es pivotante con anclaje ramificado fuerte, el mayor porcentaje se encuentra en los primeros 30 cm de profundidad. Las flores son hermafroditas, distribuidas a lo largo del tallo y en las axilas; los frutos se constituyen en una baya producto de múltiples ovarios (Méndez, 2003; Miranda *et al.*, 1998).

El fruto de guanábana está clasificado como múltiple de forma oblonga cónica, semejante a un corazón o de forma irregular, esto último es debido a un desarrollo inapropiado del carpelo o vacíos producidos por insectos; el fruto alcanza los 10 a 30 cm de longitud con un peso de entre 1 a 5 kg, con cáscara de color verde oscuro que posee varias espinas pequeñas, suaves y carnosas. Cuando el fruto está maduro la cáscara es de color verde mate y adquiere una consistencia blanda con apariencia verticulada. La pulpa es de color blanco, cremosa, aromática, jugosa y suave, adherida a la cutícula, pero se separa fácilmente en segmentos y recubre totalmente las semillas negras que tienen dimensiones en promedio de 1 a 2 cm de largo, cada fruto puede tener hasta 200 semillas (Morton, 1987; Méndez, 2003; Blench y Dendo, 2007; Janick y Paull, 2008). La pulpa contiene 80-83% de agua, 1% de proteínas, 14-18% de hidratos de carbono, 3.43% de acidez titulable, 24.5% de azúcares no reductores y vitaminas B1, B2, y C (Onimawo, 2002; Morton, 1987).

### Producción de guanábana en México

En México durante 2013 se cultivó en aproximadamente 2 724 ha, con un rendimiento promedio de 8.5 t ha<sup>-1</sup> y un valor de la producción total cercana a los 105 millones de pesos (SIAP, 2014). Los principales estados productores son: Nayarit, Colima, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Tabasco, Campeche, Yucatán, Puebla, Veracruz y Morelos. A nivel nacional, Nayarit es el mayor productor de guanábana con una superficie establecida de 73% (SIAP, 2014). La producción de guanábana se exporta regularmente a través del año y se ha observado un incremento en los valores promedio de consumo en el mercado en fresco (Lima y Alves, 2011).

### Importancia del fruto de guanábana

Generalmente el fruto se consume en fresco, directamente como postre, la pulpa tiene un inmenso potencial para su procesamiento debido a su agradable sabor y al alto

distribuido a lo largo del tallo y axilar; los frutos constituyen un producto de múltiples ovarios (Méndez, 2003; Miranda *et al.*, 1998).

The soursop fruit is classified as multiple of oblong conical form, similar to a heart or of irregular shape, the last one is due to an improper development of the carpel or voids produced by insects; the fruit reaches 10 to 30 cm in length with a weight between 1 to 5 kg, with a dark green shell that possesses several small, soft and fleshy spines. When the fruit is ripe the peel shows a dull green color and acquires a soft consistency with a vertical appearance. The pulp is white, creamy, aromatic, juicy and smooth, adhered to the cuticle, but it easily separates into segments and completely covers the black seeds that have average dimensions of 1 to 2 cm long, each fruit can have up to 200 seeds (Morton, 1987; Méndez, 2003; Blench and Dendo, 2007; Janick and Paull, 2008). The pulp contains 80-83% water, 1% protein, 14-18% carbohydrate, 3.43% titratable acidity, 24.5% non-reducing sugars and B1, B2, and C vitamins (Morton, 1987; Onimawo, 2002).

### Soursop production in Mexico

In México during 2013 it was grown in approximately 2 724 ha, with an average yield of 8.5 t ha<sup>-1</sup> and a value of the total production of around 105 million pesos (SIAP, 2014). The main producing states are: Nayarit, Colima, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Tabasco, Campeche, Yucatán, Puebla, Veracruz and Morelos. At the national level, Nayarit is the largest soursop producer with an established area of 73% (SIAP, 2014). The soursop production is regularly exported throughout the year and there has been an increase in the average values of consumption in the fresh market (Lima and Alves, 2011).

### Importance of soursop fruit

Generally the fruit is consumed fresh, directly as dessert, the pulp has an immense potential for its processing due to its pleasant taste and the high yield per fruit (up to 85.5%) which makes it an attractive raw material for preparing beverages, puree, juice, jam, jelly, candy bars and as a basis for making ice creams, sorbets, jellies. Utilization and improved marketing of the soursop fruit is due, from the food point of view, to the nutritional components (vitamins, minerals etc) it contains (Ojeda *et al.*, 2007).

In the area of pharmacology soursop has begun to gain strength due to the fact that its stem, leaves and seeds have been historically used in traditional medicine by indigenous

rendimiento por fruto (hasta 85.5 %) que la hace una materia prima atractiva para preparar bebidas, puré, jugo, mermelada, jalea, barras dulces y como base para elaborar helados, sorbetes, gelatinas. La utilización y mejora de la comercialización del fruto de guanábana se debe, desde el punto de vista alimentario, a los componentes nutricionales (vitaminas, minerales etc) que contiene (Ojeda *et al.*, 2007).

En el área de la farmacología la guanábana ha empezado a cobrar fuerza el hecho que su tallo, sus hojas y semillas han sido usadas históricamente en medicina tradicional por los pueblos indígenas dadas sus capacidades antitumorales, parasiticidas y anti-diarreicas (Solís-Fuentes *et al.*, 2010). Las hojas de guanábana son utilizadas, tradicionalmente en Brasil, para problemas del hígado (Solís-Fuentes *et al.*, 2010), también son usadas como supurativo (contra mucosidades, secreciones o flujos) y antipirético (Badrie y Schauss, 2010). Vieira *et al.* (2010) realizaron un análisis de la capacidad antiinflamatoria del extracto etanólico de las hojas de guanábana obteniendo la confirmación de su posible uso terapéutico; sin embargo, recomiendan que se realicen estudios sobre los efectos secundarios que se pueden presentar. Respecto a las semillas de la guanábana, su aceite puede contener características fisicoquímicas que incrementan su utilización en la industria alimenticia, farmacéutica y cosmética (Solís-Fuentes *et al.*, 2010). Tradicionalmente estas semillas se usan como insecticida, astringente y carnada de pesca (Badrie y Schauss, 2010).

### Cosecha del fruto de guanábana

Los frutos de guanábana se cosechan en punto de madurez fisiológica, lo cual coincide con su máximo tamaño, con la pérdida de rigidez de los rudimentos estilares y cambio en la tonalidad de la epidermis, pasando de un verde oscuro a un verde más claro (mate). Por su parte Worrel *et al.* (1994) reportan que el índice de cosecha se da 160 días después de la antesis cuando el fruto adquiere el color verde claro o amarillento. El corte del fruto se realiza manualmente con tijera de podar, dejando de 2 a 3 cm del pedúnculo adherido al fruto, se recomienda utilizar escaleras para recolectar los frutos de las partes altas del árbol, sin afectar las ramas.

No se recomienda dejar madurar los frutos en el árbol ya que éstos pueden sufrir daños, disminuyendo su calidad. Por otro lado, si los frutos se cosechan antes de la madurez fisiológica, éstos no maduran bien y la pulpa puede tener un sabor amargo. Se recomienda cosechar en las primeras horas de la mañana para evitar la deshidratación del fruto. La

peoples given its anti-tumor, fungicidal and anti-diarrheal capabilities (Solís-Fuentes *et al.*, 2010). The soursop leaves are traditionally used in Brazil for liver problems (Solís-Fuentes *et al.*, 2010), they are also used as suppurative (against mucus, secretions or discharge) and antipyretic (Badrie and Schauss, 2010). Vieira *et al.* (2010) performed an analysis of the anti-inflammatory capacity of the ethanolic extract of soursop leaves obtaining confirmation of its possible therapeutic use; however, they recommend studies on the side effects that may occur. Regarding the soursop seeds, the oil may contain physicochemical characteristics that increase its use in the food, pharmaceutical and cosmetics industries (Solís-Fuentes *et al.*, 2010). Traditionally these seeds are used as insecticide, astringent and fishing bait (Badrie and Schauss, 2010).

### Harvest of soursop fruit

The soursop fruits are harvested at the point of physiological maturity, which coincides with its maximum size, with the stiffness loss of the stylistic rudiments and change in the epidermis tonality, going from a dark green to a lighter green (mate). Meanwhile Worrell *et al.* (1994) report that the harvest index is given 160 days after the anthesis when the fruit acquires the light green or yellowish color. The cutting of the fruit is done manually with a pruning shear, leaving 2 to 3 cm of the peduncle attached to the fruit, it is recommended to use stairs to collect the fruits of the high parts of the tree, without affecting the branches.

It is not recommended to let the fruits ripen in the tree as it can suffer damage, decreasing its quality. On the other hand, if the fruits are harvested before the physiological maturity, it does not ripe well and the pulp can have a bitter taste. It is recommended to harvest in the early hours of the morning to avoid dehydration of the fruit. The soursop presents a long cycle (120-180 days) from the flowering until the fruit formation in its harvest index; therefore, it requires a large investment of resources to obtain a quality product that must be kept in harvest and postharvest practices (Ramírez *et al.*, 1998).

### Post-harvest management of soursop fruit

The postharvest is the stage of the agroindustrial process that involves all the activities aimed at offering fruits of excellent quality to the consumer. The conservation of perishable agricultural products constitutes a guarantee for the safety of the population's food supply (Bernal and Díaz, 2003).



guanábana presenta un ciclo largo (120-180 días) desde la floración hasta la formación del fruto en su índice de cosecha; por lo tanto, requiere una alta inversión de recursos para obtener un producto de calidad que debe conservarse en las prácticas de cosecha y poscosecha (Ramírez *et al.*, 1998).

### Manejo poscosecha del fruto de guanábana

La poscosecha es la etapa del proceso agroindustrial que involucra todas las actividades a ofrecer frutos de excelente calidad al consumidor. La conservación de los productos agrícolas perecederos constituye una garantía para la seguridad de la alimentación de la población (Bernal y Díaz, 2003). Las altas pérdidas que se registran en poscosecha (25 a 35%) para frutos de guanábana por prácticas inadecuadas, hacen al producto un material vegetal importante para ser estudiado (Ramírez, 2008). La calidad inicial del fruto cosechado no puede ser mejorada aplicando tecnologías durante el periodo poscosecha, pero es posible mantenerla utilizando sistemas de conservación; por ejemplo, empaques adecuados, sistemas de refrigeración, atmósferas controladas o modificadas, entre otros (Gutiérrez y López, 1999).

Los frutos deben manejarse bajo condiciones ideales de temperatura, humedad relativa (85-90%), empaque y almacenamiento, con el fin de prolongar la vida útil ya que éstos después de cosechados son susceptibles a daños físicos, químicos y microbiológicos. Dentro de las operaciones normales de manejo poscosecha de los frutos de guanábana, se destacan las operaciones de: recolección, selección, eliminación de residuos orgánicos, clasificación, desinfección, pesaje, pre enfriamiento entre 12 a 15 °C, secado de humedad residual, encerado (opcional), almacenamiento y transporte (Morton, 1987; Lima *et al.*, 2003).

### Cambios fisiológicos del fruto de guanábana

La guanábana es un fruto compuesto, constituido por el desarrollo agregado de múltiples ovarios. En los años 70 se reportó que el comportamiento atípico, en cuanto al estándar respiratorio, pudiese ser atribuido a diferencias en las edades fisiológicas de los tejidos de los diferentes ovarios fecundados (Paull, 1982). Bruinsma y Paull (1984) reportaron que el aumento respiratorio inicial se debe al aumento en la respiración mitocondrial promovido por el incremento en el suministro de sustratos carboxilados, inducido probablemente por el acto de la cosecha.

The high post-harvest losses (25-35%) for soursop fruits, generally due to inadequate practices, make this product a very important plant material to be studied (Ramírez, 2008). The initial quality of the harvested fruit can not be improved by applying technologies during the postharvest period, but it is possible to maintain it using conservation systems; such as adequate packaging, refrigeration systems, controlled or modified atmospheres, among others (Gutiérrez and López, 1999).

The fruits must be handled under ideal temperature conditions, relative humidity (85-90%), packing and storage, in order to prolong its useful life since these are living organisms that after being harvested are susceptible to physical, chemical and microbiological damages. Among the normal post-harvest handling operations of soursop fruits, the following operations are highlighted: collection, selection, disposal of organic waste, sorting, disinfection, weighing, pre-cooling between 12 to 15 °C, drying of residual moisture, waxing (optional), storage and transport (Morton, 1987; Lima *et al.*, 2003).

### Physiological changes of guanabana fruit

The guanabana is a compound fruit, constituted by the added development of multiple ovaries. In the 1970s it was reported that atypical behavior, in terms of the respiratory pattern, could be attributed to differences in the physiological ages of the tissues of the different fertilized ovaries (Paull, 1982). Bruinsma and Paull (1984) reported that the initial respiratory increase is due to the increase in mitochondrial respiration promoted by the increase in the supply of carboxylated substrates, probably induced by the harvest act.

Due to its respiration rate, soursop fruits have been classified as climacteric, such fruits are often harvested at physiological maturity and ripen after harvest, the respiration rate and ethylene production are high, up to 150 mg kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> and 100 ml kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> of CO<sub>2</sub>, respectively at 24.5 °C, which makes this fruit extremely perishable (Paull, 1996; Bruinsma and Paull, 1984). As the fruit matures, there is a slight pallor in the intense green shell, changing to a yellowish-green coloration (Worrell *et al.*, 1994; Paull, 1982) reflecting a chlorophyll degradation, in the last stage of maturation shell changes from green to dark brown (Paull *et al.*, 1983), this possibly due to chloroplasts breaking, which causes release of the polyphenol oxidase enzyme (PPO) that causes oxidation and the phenols polymerization.

Debido a su tasa de respiración los frutos de guanábana han sido clasificados como climatéricos, este tipo de frutos son a menudo cosechados en madurez fisiológica y maduran después de la cosecha, la intensidad respiratoria y producción de etileno son altas, de hasta  $150 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  y  $100 \text{ ml kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$ , respectivamente a  $24.5 \text{ }^\circ\text{C}$ , lo que hace que este fruto sea extremadamente perecedero (Paull, 1996; Bruinsma y Paull, 1984). A medida que el fruto alcanza la madurez, hay un ligera palidez en el verde intenso de la cáscara, cambiando a una coloración verde-amarillenta (Worrell *et al.*, 1994; Paull, 1982) lo que refleja una degradación de clorofila, durante la última etapa de maduración la cáscara cambia de color verde a color marrón oscuro (Paull *et al.*, 1983), ésto posiblemente sea por la ruptura de los cloroplastos, lo cual genera la liberación de la enzima polifenol oxidasa (PPO) que causa la oxidación y la polimerización de fenoles.

La formación de compuestos volátiles (hexanoato de metilo y el (E)-2-hexenoato de metilo) es paralela a la producción de etileno y alcanza el máximo de producción de estos compuestos cinco días después de la cosecha; de igual forma, se puede observar una máxima formación de azúcares y ácidos orgánicos, así como el desarrollo de las características del consumo del fruto, tales como, color, firmeza, acidez, sólidos solubles totales y aroma) de consumo del fruto (Paull *et al.*, 1983). Después de esta etapa, ocurre un descenso en la producción de los principales constituyentes del aroma y aparecen volátiles tales como, ácido butanoico, el ácido hexanoico, y  $\gamma$ -butirolactona a los cuales se le atribuye el olor fermentado del fruto sobremaduro, esta misma tendencia se puede observar en relación a los azúcares y ácidos orgánicos (Paull *et al.*, 1983; Márquez-Cardozo *et al.*, 2011).

### Actividad enzimática

La mayor parte de los cambios bioquímicos que se producen en los tejidos vivos son provocados por las enzimas, siendo muy amplio el número de los sistemas enzimáticos que se han descubierto en los tejidos de los vegetales, donde juegan un papel importante en su composición y rigidez; pero también las enzimas presentes en los frutos son las responsables de la maduración y formación de las características sensoriales que les son conocidas. Sin embargo, después de la cosecha de éstos, las enzimas son las responsables de la senescencia y de los cambios indeseables que ocurren en los frutos lo que provoca que sean desechados y no sean aprovechados para su transformación.

The formation of volatile compounds (methyl hexanoate and methyl (E)-2-hexenoate) is parallel to the production of ethylene and reaches the maximum production of these compounds five days after harvest; likewise, a maximum formation of sugars and organic acids, and the development of the consumption characteristics of the fruit such as color, firmness, acidity, total soluble solids and fragrance of fruit consumption can be observed (Paull *et al.*, 1983). After this stage occurs a decrease in the production of the main aroma constituents and volatiles appear, such as butanoic acid, hexanoic acid, and  $\gamma$ -butyrolactone, to which the fermented odor of the over-ripened fruit is attributed, the same trend can be seen in relation to sugars and organic acids (Paull *et al.*, 1983; Márquez-Cardozo *et al.*, 2011).

### Enzymatic activity

Most of the biochemical changes that occur in living tissues are caused by enzymes, with a very large number of enzyme systems that have been discovered in plant tissues, where they play an important role in its composition and rigidity; but also the enzymes present in fruits are responsible for the maturation and formation of the sensorial characteristics that are known. However, after harvesting, enzymes are responsible for senescence and undesirable changes occurring in the fruits which causes them to be discarded and not used for its transformation.

The enzymatic activity of polyphenol oxidase (EC 1.14.18.1; PPO) and peroxidase (EC 1.11.1.7; POD) causes one of the most significant impact and deterioration reactions in the sensorial quality of fruits and vegetables, PPO Catalyzes the conversion of o-diphenols into o-quinones. Oliveira *et al.* (1994) studied the PPO activity in the soursop fruit as a function of pH and the concentration of polyphenols during ripening. It was observed that the optimum activity was at a pH of 7, for fully mature fruits and 7.5 for immature fruits

It is important to note that PPO inhibition studies were carried out on the extract of the enzyme at its optimum pH but not on the plant tissue at its natural pH, this fact invalidates the application of inhibition conditions to fruits and plant tissues that may have a different pH. Bora *et al.* (2004) studied the enzymatic activity of PPO in semipurified enzyme extracts of mature soursop fruits and compared the efficiency of the thermal and chemical inhibition conditions on the PPO activity, having as results pH and optimum temperatures for the PPO activity of 7.5 and  $32 \text{ }^\circ\text{C}$ .

La actividad enzimática de la polifenol oxidasa (EC. 1.14.18.1; PPO) y peroxidasa (EC. 1.11.1.7; POD) ocasiona reacciones de deterioro de mayor impacto y afectación en la calidad sensorial de frutas y hortalizas, la PPO cataliza la transformación de o-difenoles en o-quinonas. Oliveira *et al.* (1994) estudiaron la actividad de PPO en guanábana como función del pH y la concentración de polifenoles durante la maduración. Se observó que la actividad óptima se encontraba a pH de 7 para frutos maduros y 7.5 para frutos inmaduros.

Es importante señalar, que los estudios de inhibición de la PPO se llevaron a cabo en el extracto de la enzima en el pH óptimo, pero no en el tejido de la planta a pH natural, este hecho invalida la aplicación de condiciones de inhibición a los frutos y los tejidos vegetales que pueden poseer un pH diferente. Bora *et al.* (2004) estudiaron la actividad enzimática de PPO en extractos de enzimas semipurificadas de frutos de guanábana maduros y compararon la eficiencia de las condiciones térmicas y químicas de inhibición sobre la actividad de la PPO, teniendo como resultados pH y temperaturas óptimas para la actividad de PPO de 7.5 y 32°C.

La actividad de la enzima PPO está involucrada en el pardeamiento oxidativo de los tejidos vegetales. Lima *et al.* (2002) reportaron que el mayor incremento de la actividad enzimática de PPO en frutos de guanábana se produjo desde el primer al segundo día, cuando la actividad se incrementó de 243 a 400 g EAU<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>. Estudios realizados por Oliveira *et al.* (1994) demostraron que la actividad de la PPO disminuyó conforme el fruto de guanábana maduró. Sin embargo, los autores expresaron la actividad basado en el contenido de proteína (actividad específica), de manera que cualquier variación afectaría la actividad de esta enzima.

La enzima POD, a su vez, desempeña un papel limitado en el pardeamiento enzimático, ya que depende de la disponibilidad de peróxido de hidrógeno (Robards *et al.*, 1999). Sin embargo, los sustratos fenólicos se pueden oxidar en presencia de pequeñas cantidades de peróxido de hidrógeno, y varios compuestos son susceptibles a la oxidación por estas enzimas. Lima *et al.* (2002) reportaron que la actividad de POD tiene un incremento inicial de 1.273 UAE g<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>, seguido de un fuerte descenso hasta el día 4, La mayor variación se registró del tercer al cuarto día. Al final del período, la actividad se duplicó, aunque permaneció por debajo de la inicial.

Estos mismos investigadores indican que comparando con la actividad de la PPO, parece que la POD además de presentar niveles más altos, mostró variaciones más pronunciadas; sin

The activity of the PPO enzyme is involved in the oxidative browning of plant tissues. Lima *et al.* (2002) reported the greatest increase in PPO enzyme activity in soursop fruit occurred from the first to the second day, when the activity increased from 243 to 400 g EAU<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>. Studies by Oliveira *et al.* (1994) showed that the PPO activity decreased as the guanabana fruit matured. However, the authors expressed activity based on the protein content (specific activity), so that any variation would affect the activity of this enzyme.

The POD enzyme, in turn, plays a limited role in the enzymatic browning, because it depends on the availability of hydrogen peroxide (Robards *et al.*, 1999). However, phenolic substrates can be oxidized in the presence of small amounts of hydrogen peroxide, and various compounds are susceptible to oxidation by these enzymes. Lima *et al.* (2002) reported that POD activity has an initial increase of 1 273 UAE g<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>, followed by a sharp decline until day 4, the highest variation was recorded from third to fourth day. At the end of the period, activity doubled, although it remained below the initial one.

These same researchers indicate that, compared with the PPO activity, it seems that POD, in addition to having higher levels, showed more pronounced variations; however, the lowest enzyme activity was observed from the second day, this may be associated with reduced susceptibility to browning during soursop maturation, as indicated by Lima de Oliveira *et al.* (1994).

Variations during the life of the fruit, genetic differences represent different levels of susceptibility to oxidative browning, indicating a complex interaction between the activity and the amount of the enzyme and the types of phenolic compounds (Robards *et al.*, 1999). The enzyme pectinmethylesterase (EC 3.1.1.11; PME) is related to the degradation of the pectic substances of the cell's middle lamella, a component of the cell wall that acts as a cementing agent or ligand between cells and can also control movements of soluble materials (King, 1990; Proctor and Miesle, 1991). Aziz and Yusof (1994) reported activity of the PME enzyme in soursop fruits.

On the other hand, Lima *et al.* (2006) quantified the activity of PME, indicating a considerable increase of this enzyme in short periods, the activity showed by PME was 23 times greater in the fruit at consumption maturity with respect to the fruit at physiological maturity. There have been some



embargo, la actividad enzimática más baja se observó desde el segundo día, esto puede estar asociado con susceptibilidad reducida al oscurecimiento durante la maduración de la guanábana, tal como lo indica Lima de Oliveira *et al.* (1994).

Las variaciones durante la vida útil del fruto, diferencias genéticas representan diferentes niveles de susceptibilidad al pardeamiento oxidativo, que indica una interacción compleja entre la actividad y la cantidad de la enzima y los tipos de compuestos fenólicos (Robards *et al.*, 1999). La enzima pectinmetilesterasa (EC. 3.1.1.11; PME) está relacionada con la degradación de las sustancias pécticas de la laminilla media de la célula, componente de la pared celular que actúa como agente cementante o ligando entre las células y puede también controlar los movimientos de materiales solubles (Proctor y Miesle, 1991; King, 1990). Aziz y Yusof (1994) reportaron actividad de la enzima PME en frutos de guanábana.

Por otro lado, Lima *et al.* (2006) cuantificaron la actividad de PME, señalando un aumento considerable de esta enzima en períodos cortos, la actividad que presentó la PME fue 23 veces mayor en el fruto en madurez de consumo con respecto al fruto en madurez fisiológica. Se han realizado algunos estudios con el propósito de purificar y caracterizar la PME en el fruto de guanábana, que está presente en dos isoformas (PE I y PE II) (Arbaisah *et al.*, 1996, 1997a, 1997b). Se ha sugerido que la función de la PME es promover la desesterificación de las galacturonanas con el fin de permitir la acción de las PGs (Giovane *et al.*, 1990; Kays, 1997).

Las PGs son enzimas pectolíticas de las cuales se tienen identificadas como endo-PG (EC 3.2.1.15) y exo-PG (EC 3.2.1.67); la endo-PG cataliza la ruptura hidrolítica aleatoria de los enlaces  $\alpha$ -(1-4) de las galacturonanas; la exo-PG se hidroliza liberando ácido galacturónico (Seymour y Gross, 1996; Kays, 1997). La actividad de PG se ha observado en varios frutos tales como el mango y el durian (*Durio zibethinus*) (Abu-Sarra y Abu-Goukh, 1992; Ketsa y Daengkanit, 1999), donde un incremento durante el ablandamiento se puede verificar, posiblemente provocado por la producción de etileno. La enzima promueve la degradación de la lamela media de las células de parénquima, lo que resulta en el ablandamiento.

Además, puede estar implicada en la liberación autocatalítica de ácidos urónicos, en la degradación de polímeros pécticos solubilizados durante la maduración y en la despolimerización de poliuronidos (Redgwell *et al.*, 1992). Aziz y Yusof (1994) reportaron un aumento súbito en la actividad de PG, en frutos

studies in order to purify and characterize the PME in the soursop fruit, which is present in two isoforms (PE I and PE II) (Arbaisah *et al.*, 1996; 1997a; 1997b). It has been suggested that the function of the PME is to promote de-esterification of galacturonans in order to allow the action of PGs (Giovane *et al.*, 1990; Kays, 1997).

PGs are pectolytic enzymes which are identified as endo-PG (EC 3.2.1.15) and exo-PG (EC 3.2.1.67); the endo-PG catalyzes the random hydrolytic cleavage of the  $\alpha$ -(1-4) bonds of the galacturonanes; the exo-PG is hydrolyzed by liberating galacturonic acid (Seymour and Gross, 1996; Kays, 1997). PG activity has been observed in several fruits such as mango and durian (*Durio zibethinus*) (Abu-Sarra and Abu-Goukh, 1992; Ketsa and Daengkanit, 1999), where an increase during softening can be verified, possibly caused by the production of ethylene. The enzyme promotes the degradation of the middle lamella of parenchymal cells, resulting in softening.

Furthermore, it may be involved in the autocatalytic release of uronic acids, pectic polymers degradation solubilized during maturation and polyuronides depolymerization (Redgwell *et al.*, 1992). Aziz and Yusof (1994) reported a sudden increase in PG activity in soursop fruits, which coincided with the climacteric of the fruit. Lima *et al.* (2006) observed that, after the increase, the low enzymatic activity coincides with a sudden decrease in pectin content and with a higher solubility of pectin, indicating that most of the PG substrates were used immediately at the time of maximum activity.

### Post-harvest conservation technologies

Among the technologies that allow to prolong the conservation period and to maintain the own quality characteristics of the fruit, the refrigeration is one of the most effective and of general use; however, the soursop fruits are sensitive to cold; that is, they suffer physiological damage when stored at temperatures from 4 to 18 °C of refrigeration, observing superficial damages (discolouration and depressions), maintenance or increase of the pulp firmness, loss of the capacity to mature, browning of the pulp, loss of taste and accelerated senescence (Alves *et al.*, 1997).

It has been observed that the soursop storage at 15 °C allows a three days delay in the time necessary for maturation, on the other hand, it has been reported that the soursop fruits



de guanábana, lo cual coincidía con el climaterio del fruto. Lima *et al.* (2006) observaron que tras el aumento, la baja actividad enzimática coincide con una disminución repentina del contenido de pectina y mayor solubilidad de ésta, lo que indica que la mayor parte de los sustratos de PG se usaron inmediatamente en el momento de la actividad máxima.

### Tecnologías de conservación poscosecha

Entre las tecnologías que permiten prolongar el periodo de conservación y mantener las características de calidad propias del fruto, la refrigeración es una de las más eficaces y de empleo general; sin embargo, los frutos de la guanábana presentan sensibilidad al frío; es decir, sufren daños fisiológicos cuando son almacenados a temperaturas desde los 4 a 18 °C de refrigeración, observándose daños superficiales (decoloración y depresiones), mantenimiento o aumento de la firmeza de la pulpa, pérdida de la capacidad de madurar, pardeamiento de la pulpa, pérdida de sabor y aceleración de la senescencia (Alves *et al.*, 1997).

Se ha observado que el almacenamiento de guanábanas a 15 °C permite un retraso de tres días en el tiempo necesario para la maduración; por otro lado, también se ha reportado que los frutos de guanábana no podrían ser mantenidos a temperaturas entre 12 y 14 °C por más de seis días (Silva *et al.*, 2001). La naturaleza tropical de la guanábana hace que su vida útil se vea limitada por la presencia del daño por frío cuando se le almacena en refrigeración. Algunos investigadores indican que esta fisiopatía se induce a temperaturas inferiores a 15 °C (Reginato y Lizana, 1980; Luchsinger y Artés, 2000).

Castillo-Ánimas *et al.* (2005) evaluaron en frutos de guanábana la tolerancia al daño por frío y la vida poscosecha a diferentes temperaturas (12-14 y 16-18 °C); las guanábanas se cosecharon en dos estados de madurez (verde claro y verde oscuro), éstas fueron tratadas con ceras y reguladores del crecimiento (ácido giberélico y éster isopropílico del ácido 2,4-diclorofenoxiacético) teniendo como resultado que los frutos verde oscuro sufrieron daños por frío a 12-14 y 16-18 °C, por su parte los frutos de color verde claro solo presentaron esta fisiopatía a 12 y 14 °C.

El uso de atmósferas modificadas y atmósferas controladas con bajos niveles de etileno y oxígeno, o niveles altos de CO<sub>2</sub> y complementando con la refrigeración ha contribuido significativamente para extender la vida de anaquel de frutos y hortalizas, manteniendo la calidad de éstos (Kader, 1995). Entre tanto, hay pocos estudios en estas áreas con frutos de

could not be maintained at temperatures between 12 and 14 °C for more than six days (Silva *et al.*, 2001). The tropical nature of the soursop makes its useful life limited by the presence of cold damage when it is stored in refrigeration. Some investigators indicate that this physiopathy is induced at temperatures below 15 °C (Reginato and Lizana, 1980; Luchsinger and Artés, 2000).

Castillo-Ánimas *et al.* (2005) evaluated the tolerance to cold damage and post-harvest life at different temperatures (12 to 14 and 16 to 18 °C) in soursop fruits; the soursops were harvested in two maturity stages (light green and dark green), these were treated with waxes and growth regulators (gibberellic acid and isopropyl ester of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid), resulting in dark green fruits showed damaged by cold at 12 to 14 and 16 to 18 °C, on the other hand the light green fruits only showed this physiopathy at 12 and 14 °C.

The use of modified and controlled atmospheres with low levels of ethylene and oxygen, or high levels of CO<sub>2</sub> and supplemented with cooling significantly contributed to extend the shelf life of fruits and vegetables, while maintaining its quality (Kader, 1995). Meanwhile, there are few studies in these areas with soursop fruits and the available information is still scarce to allow greater flexibility in marketing and reach more distant markets (Alves *et al.*, 1997). Silva *et al.* (2001) observed that soursop fruits individually packed in polystyrene trays coated with a flexible polyethylene film at 12 °C and 14 °C maintain its quality for up to 22 days.

It is also possible that the fruit ripening is delayed by the use of production inhibitors and ethylene action (Abdi *et al.*, 1998). In this regard, some studies have been conducted with the application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) in soursop at concentrations of 200 nL L<sup>-1</sup> which has allowed a delay in the loss of firmness and increased soluble solids content, occurring in the ripening of soursop; same response was observed in the same study with the application of wax or the association of wax + 1-MCP (Lima *et al.*, 2002; Lima *et al.*, 2004; Lima and Alves, 2010).

Furthermore Tovar-Gómez *et al.* (2011) evaluated the application of emulsions and 1-MCP, reporting that these combinations did not delay the ripening of the soursop, but did decrease weight loss compared to the control; however, they observed that using 1-MCP at 1 000 nL L<sup>-1</sup>

guanábana y las informaciones disponibles aún son escasas para permitir mayor flexibilidad en el mercadeo y alcance de mercados más distantes (Alves *et al.*, 1997). Silva *et al.* (2001) observaron que frutos de guanábana empacados individualmente en bandejas de poli estireno revestidas con una película de polietileno flexible a 12 °C y 14 °C mantienen su calidad hasta por 22 días.

Es posible también que la maduración de los frutos sea retrasada por medio del uso de inhibidores de la producción y de la acción de etileno (Abdi *et al.*, 1998). En este sentido, algunos estudios que han sido realizados con la aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP) en guanábana a concentraciones de 200 nL L<sup>-1</sup> ha permitido un retraso en la pérdida de firmeza y en el aumento del contenido de sólidos solubles, decurrente en la maduración de guanábana; misma respuesta fue observada en ese mismo estudio con la aplicación de cera o de la asociación cera + 1-MCP (Lima *et al.*, 2002; Lima *et al.*, 2004; Lima y Alves, 2010).

Por otro lado Tovar-Gómez *et al.* (2011) evaluaron la aplicación de emulsiones y 1-MCP, reportando que estas combinaciones no retrasaron la maduración de la guanábana, pero si disminuyeron la pérdida de peso con respecto al testigo; sin embargo, pudieron observar que utilizando 1-MCP a 1 000 nL L<sup>-1</sup> por 12 h combinado con las emulsiones a base de cera de carnauba con aceites siliconados o candelilla a una temperatura de almacenamiento de 13 ± 2 °C extendieron la vida de anaquel de la guanábana, ya que los frutos alcanzaron la madurez de consumo entre los 15 días de almacenamiento con tres días más para comercializarse.

Moreno-Hernández *et al.* (2014) evaluaron el efecto del 1-MCP y emulsiones de ceras, sobre la composición, vitamina C, polifenoles, y la capacidad antioxidante de frutos de guanábana almacenado a 25 y 16 °C, reportando que los frutos almacenados a 16 °C sin 1-MCP mostraron síntomas visibles de daño por frío y los frutos tratados con 1-MCP combinado con emulsiones mantuvieron en mayor medida su contenido de vitamina C, fibra dietética, el contenido total de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante, concluyendo que la interacción entre estos dos compuestos puede ser utilizada para el manejo poscosecha ya que ayuda a preservar la composición nutricional de los frutos de guanábana.

for 12 h combined with emulsions based on carnauba wax with silicone oils or candelilla at storage temperature of 13 ± 2 °C extended shelf life of the soursop, since fruits reached maturity consumption at 15 days of storage with three more days to be commercialized.

Moreno-Hernandez *et al.* (2014) evaluated the effect of 1-MCP and waxes emulsions on composition, vitamin C, polyphenols, and antioxidant capacity of soursop fruits stored at 25 and 16 °C, reporting that fruits stored at 16 °C without 1-MCP showed visible symptoms of cold damage and fruits treated with 1-MCP combined with emulsions maintained to a greater extent their vitamin C content, dietary fiber, total phenolic compounds content and antioxidant activity, concluding that the interaction between these two compounds can be used for post-harvest handling as it helps to preserve the nutritional composition of soursop fruits.

Similarly Montalvo-González *et al.* (2014) evaluated the application of 1-MCP (1 500 nL L<sup>-1</sup>, 12 h) in combination with emulsions based on candelilla wax or beeswax diluted with water, on fruits stored at 25 to 16 °C, reporting that the fruits stored at 16 °C with and without emulsions showed cold damage and did not ripen; in fruits with the application of 1-MCP alone or combined with emulsions, in any of the dilutions, no symptoms of cold damage were observed in the pulp. On the other hand, they observed that the combination of 1-MCP and beeswax-based emulsion at 15:85 v/v dilution preserved soursop fruits for 14-15 days compared to fruits stored at 25 °C (6 days).

## Discussions

The studies found on enzymatic activity, show the function and effect of the enzymes (PFO, POD, PEM and PG) present on soursop fruit, such as the PFO, which different authors mention that its activity increases as the fruit reaches consumption maturity (Oliveira *et al.*, 1994; Lima *et al.*, 2002; Bora *et al.*, 2004). Meanwhile two studies on the enzymatic activity of POD in soursop were found, and like the PFO it also increases as maturation time passes (Oliveira *et al.*, 1994; Lima *et al.*, 2002). Studies on PEM and PG activity are scarce in soursop fruits, reports indicate that PEM activity increases when the fruit

De igual forma Montalvo-González *et al.* (2014) evaluaron la aplicación de 1-MCP ( $1\ 500\ \text{nLL}^{-1}$ , 12 h) en combinación con emulsiones con base a cera de candelilla o de abeja diluidas con agua, en frutos almacenados a 25 y 16 °C, reportando que los frutos a almacenados a 16 °C con y sin emulsiones se observó daño por frío y no maduraron; en los frutos con la aplicación de 1-MCP solo o combinado con emulsiones, en cualquiera de las diluciones, no se observaron síntomas de daño por frío en la pulpa. Por otro lado, observaron que la combinación de 1-MCP y emulsión con base a cera de abeja en dilución 15:85 v/v conservaron a los frutos de guanábana por 14-15 días en comparación con los frutos almacenados a 25 °C (6 días).

## Discusiones

En los estudios encontrados sobre la actividad enzimática muestran la función y efecto de las enzimas (PFO, POD, PEM y PG) presentes en el fruto de guanábana, tal es el caso de la PFO, la cual diferentes autores mencionan que la actividad de esta se incrementa conforme el fruto alcanza la madurez de consumo (Oliveira *et al.*, 1994; Lima *et al.*, 2002; Bora *et al.*, 2004). Por su parte se encontraron dos estudios sobre la actividad enzimática de POD en guanábana, y al igual que la PFO está también se incrementa al transcurrir el tiempo de maduración (Oliveira *et al.*, 1994; Lima *et al.*, 2002). Los estudios sobre la actividad PEM y PG son escasos en frutos de guanábana, los reportes encontrados indican que la actividad de PEM aumenta cuando el fruto llega a madurez de consumo con respecto al fruto en madurez fisiológica, esto debido a la degradación de las sustancias pécticas (Lima *et al.*, 2006).

Por su parte la PG, también tiene un incremento en su actividad con forme el fruto madura y se observa una disminución cuando el fruto entra en la senescencia esto debido a que la mayor parte del sustrato (pectinas) se solubiliza (Aziz y Yusof 1994; Lima *et al.*, 2006). El estudio de la actividad enzimática en los frutos de guanábana es muy importante ya que estas enzimas están relacionadas con la calidad del fruto (color y firmeza); sin embargo, no se encontraron estudios referentes a la inactivación de dichas enzimas en el fruto de guanábana, los cuales serían de gran ayuda para así poder conservar la calidad y extender la vida de anaquel del fruto.

Los resultados sobre las investigaciones realizadas en la conservación poscosecha son muy variadas, ya que los reportes encontrados muestran que algunos autores reportan temperaturas de almacenamiento de 15 °C sin que los frutos

reaches consumption maturity with respect to the fruit at physiological maturity, due to the degradation of pectic substances (Lima *et al.*, 2006).

On the other hand the PG also has an increase in its activity as the fruit matures and a decrease can be observed when the fruit begins senescence this because most of the substrate (pectins) is solubilized (Aziz y Yusof 1994; Lima *et al.*, 2006). The study of the enzymatic activity in the soursop fruits is very important since these enzymes are related to the fruit quality (color and firmness); however, no studies were found regarding the inactivation of these enzymes in the soursop fruit, which would be of great help in order to preserve quality and extend the shelf life of the fruit.

The results on the research carried out in post-harvest conservation are very varied, since the reports found show that some authors report storage temperatures of 15 °C without the fruits being damaged by cold, in addition to prolonging shelf life up to a period 22 days (Silva *et al.*, 2001); however, others report that the fruits do suffer damage by cold between the ranges of 18, 16, 15, 14 and 12 °C, in terms of the increase in shelf life, it was observed that the combinations of waxes with growth regulators and 1-MCP are a good technology to extent the lifespan of fruit (Castillo-Ánimas *et al.*, 2005; Tovar- Gómez *et al.*, 2011; Montalvo-González *et al.*, 2014).

According to what has been reported, it is probable that cold damages and increased shelf life are influenced both by the maturity stage in which the fruits are harvested, as well as the use of packaging, waxes, growth regulators and ethylene inhibitors (1-MCP) during refrigeration and room temperature storage. It is important to mention that although there is recent information regarding the study on the postharvest of soursop, it is necessary to do more research on this subject in order to prolong the shelf life of this fruit as it is highly perishable.

## Conclusions

In this research compilation on soursop fruits, some researchers report postharvest management and conservation technologies to increase the shelf life of the fruit, little research has been done, in addition to the fact that these have been carried out in countries such as Brazil, Colombia

sufran daños por frío, además de prolongar la vida de anaquel hasta por un periodo de 22 días (Silva *et al.*, 2001); sin embargo, otros reportan que los frutos si sufren daños, por frío entre los rangos de 18, 16, 15, 14 y 12 °C, en cuanto al incremento de la vida de anaquel se pudo observar que las combinaciones de ceras con reguladores del crecimiento y del 1-MCP son una buena tecnología para alargar el periodo de vida del fruto (Castillo-Ánimas *et al.*, 2005; Tovar-Gómez *et al.*, 2011; Montalvo-González *et al.* 2014).

De acuerdo a lo reportado nos indica que probablemente los daños por frío y el incremento de la vida de anaquel se ven influenciados tanto por el estado de madurez en que son cosechados los frutos, así como el uso de empaques, ceras, reguladores de crecimiento e inhibidores del etileno (1-MCP) durante su almacenamiento en refrigeración y temperatura ambiente. Es importante mencionar, que aunque existe información reciente en cuanto al estudio sobre la poscosecha del fruto de guanábana, es necesario realizar más investigaciones sobre este tema para así prolongar la vida de anaquel de este fruto ya que este es altamente perecedero.

## Conclusiones

En la presente recopilación de investigaciones sobre los frutos de guanábana, algunos investigadores dan a conocer el manejo poscosecha y las tecnologías de conservación para incrementar la vida de anaquel del fruto, se tienen pocas investigaciones, además de que estas se han realizado en países como Brasil, Colombia y Venezuela; sin embargo, en México existe escasa información al respecto. Nayarit siendo la entidad mexicana con mayor producción de guanábana a nivel nacional e internacional, tiene escasos reportes en el buen manejo poscosecha de los frutos de guanábana.

## Literatura citada

- Abdi, N.; McGlasson, W. B.; Holford, P.; Williams, M. and Mizrahi, Y. 1998. Responses of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Technol.* 14:29-39.
- Abu, S. A. F. and Abu, G. A. A. 1992. Changes in pectinesterase, polygalacturonase and cellulase activity during mango fruit ripening. *J. Hortic. Sci.* 67(4):561-568.
- Alves, R. E.; Filgueiras, H. A. C. e Mosca, J. L. 1997. Colheita e pós-colheita de Annonaceae. In: São-José, A.R.; Souza, I. V. B.; Morais, O. M. and Rebouças, T. N. H. Annonaceae: produção mercado. Vitória da Conquista: DFZ/UESB. 240-256.
- Arbaisah, S. M.; Asbi, B. A.; Junainah, A. H. and Jamilah, B. 1996. Determination of optimum conditions for pectinesterase extractions from soursop fruit (*Annona muricata*) using response surface methodology. *Food Chem.* 55(2):177-182.
- Arbaisah, S. M.; Asbi, B. A.; Junainah, A. H.; Jamilah, B. and Kennedy, J.F. 1997b. Soursop pectinesterases: thermostability and effect on cloud stability of soursop juice. *Carbohydrate Polymers.* 34(3):177-182.
- Arbaisah, S. M.; Asbi, B. A.; Junainah, A. H. and Jamilah, B. 1997a. Purification and properties of pectin esterase from soursop (*Annona muricata*) pulp. *Food Chem.* 59(1):33-44.
- Aziz, P.A. and Yusof, S. 1994. Physico-chemical characteristics of soursop fruit (*Annona muricata*) during growth and development. *ASEAN Food J.* 9(4):147-150.
- Badrie, N. and Schauss, A. 2010. Soursop (*Annona muricata* L.): composition, nutritional value, medicinal uses, and toxicology. En *Bioactive foods in promoting health: fruits and vegetables*. Watson RR, Preedy VR [Eds]. Elsevier Inc. Oxford, UK. 621-643 pp.
- Bernal, E. A. y Díaz, C. 2003. Tecnología para el cultivo del tomate de árbol. Rionegro: impresos Begón Ltda. 130 p.
- Bicas, J. L.; Molina, G.; Dionisio, A. P.; Barros, F. F. C.; Wagner, R.; Marostica, M. R. and Pastore, G. M. 2011. Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. *Food Res. Int.* 44:1843-1855.
- Blench, R. and Dendo, M. 2007. A History of fruits on the SE Asian MainLand. Paper presented at the EUREAA, Bourgon. Cambridge, UK. <http://www.rogerblench.info/RBOP.htm>. 1-26.
- Bora, P. S.; Holschuh, H. J. and Da Silva, V. M. A. da. 2004. Characterization of polyphenol oxidase of soursop (*Annona muricata* L.) fruit and a comparative study of its inhibition in enzyme extract and in pulp. *Ciencia y Tecnología Alimentaria.* 4:267-273.
- Bruinsma, J. and Paull, R. E. 1984. Respiration during postharvest development of soursop fruit (*Annona muricata* L.) *Plant Physiol.* 76:131-138.
- Castillo, Á. D.; Varela, H. G.; Pérez S. B. R. y Pelayo, Z. C. 2005. Daños por frío en guanábana. Índice de corte y tratamientos poscosecha. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 11:51-57.
- Correa, G. J.; Ortiz, D.; Larrahondo, J. E.; Sánchez, M. M. y Pachón, H. 2012. Actividad antioxidante en guanábana (*Annona muricata* L.): una revisión bibliográfica. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas.* 11(2):111-126.
- Giovane, A.; Quagliolo, L.; Servillo, L. and Balestrieri, C. 1990. Pectinmethylesterase from *Actinidia chinensis* fruits. *Phytochemis-try.* 29(9):2821-2823.
- Gutiérrez, V. A. y López M. M. 1999. Manejo poscosecha y comercialización del tomate de árbol. ICA. 200 p.

*End of the English version*





- Janick, J. and Paull, R. E. 2008. Encyclopedia of fruits & nuts. Cab Intl., Wallingford, Oxfordshire, UK. 42-46.
- Kader, A. (1995). Regulation on fruit physiology by controlled/modified atmospheres. *Acta Hort.* Kyoto. 398: 81-91.
- Kays, S. J. 1997. Postharvest physiology of perishable plant products. Exon Press, Athens GA. 532 p.
- Ketsa, S. and Daengkanit, T. 1999. Firmness and activities of polygalacturonase, pectinesterase, b-galactosidase and cellulase in ripening durian harvested at different stages of maturity. *Scientia Hort.* 80:181-188.
- King, K. 1990. Partial characterization of the in situ activity of pectinesterase in Bramley apple. *Int. J. Food Sci. Tech.* 25:188-197.
- Lima, M. A. C. and Alves, R. E. 2011. Soursop (*Annona muricata* L.). In: postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. 4:363-391.
- Lima, M. A. C.; Alves, R. E. e Filgueiras, H. A. C. 2010. Comportamento respiratório e amaciamento de graviola (*Annona muricata* L.) após tratamentos pós-colheita com cera e 1-metilciclopropeno. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras. 34(1):155-162.
- Lima, M. A. C.; Alves, R. E. e Filgueiras, H. A. C. 2002. Avaliação da qualidade e da suscetibilidade ao escurecimento oxidativo de graviola (*Annona muricata* L.) durante a maturação pós-colheita. Proceedings of the interamerican Society for Tropical Horticulture. 46:4-7.
- Lima, M. A. C.; Alves, R. E.; Filgueiras, H. A. C.; Heloísa A. C. e Lima, J. R. G. (2004). Uso de cera e 1-metilciclopropeno na conservação refrigerada de graviola (*Annona muricata* L.). *Rev. Bras. Frutic.* 26(3):433-437.
- Lima, M. A. C.; Alves, R. E.; Filgueiras, H. A. C. e Enéas, F. J. 2003. Comportamento respiratório e qualidade pós-colheita de graviola (*Annona muricata* L.) 'morada' sob temperatura ambiente. *Rev. Bras. Frutic.* 25(1):49-52.
- Lima, M. A. C.; Alves, R. E. e Filgueiras, H. A. C. 2006. Mudanças relacionadas ao amaciamento da graviola durante a maturação pós-colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. 41(12):1707-1713.
- Luchsinger, L. and Artés, F. 2000. Alleviating chilling injuries in stone fruit. In: improving postharvest technologies for fruits, vegetables and ornamentals. Edit. Intern. Institute of Refrigeration. Eds: F. Artés, M. I. Gil y M.A. Conesa. II:474-479.
- Márquez, C. C. J.; Jimenez, A. M.; Osorio, C. and Cartagena, V. J. R. 2011. Volatile compounds during the ripening of colombian soursop (*Annona muricata* L. cv. Elita). *Vitae*, Medellín. 18(3):245-250.
- Méndez, J. 2003. Perfil de mercado y productivo de la guanábana. Guatemala: Abt Associates Inc. 7.
- Miranda, L. D.; Barragán, Q. E. y Barreto, O. D. 1998. Aspectos ecofisiológicos del cultivo de la guanábana. Tolima: ICA-Corpoica. 40 p.
- Montalvo, G. E.; León, F. A. E.; Rea, P. H.; Mata, M. De O. M y Tovar, G. B. 2014. Uso combinado de 1-Metilciclopropeno y emulsiones de cera en la conservación de guanábana (*Annona muricata*). *Rev. Bras. Frutic.* 36:296-304.
- Moreno, H. C. L.; Sáyo, A. S. G.; García G. H. S.; Mata, M. De O. M. and Montalvo, G. E. 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*. 7.
- Morton, J. 1987. Soursop. In: fruits of warm climates. Greensboro, NC. Media Incorporated. 75-80 pp.
- Ojeda, G.; Coronado, J.; Nava, R.; Sulbarán, B.; Araujo, D. y Cabrera, L. 2007. Caracterización fisicoquímica de la pulpa de la guanábana (*Annona Muricata*) cultivada en el occidente de Venezuela. *Bol. Centro Invest. Biol.* 41(2):151-160.
- Oliviera, S. L. D.; Barbosa, G. N.; Sucupira, M. I. and Souza, L. A. V. 1994. Polyphenoloxidase activity, polyphenols concentration and browning intensity during soursop (*Annona muricata* L.) maturation. *J. Food Sci.* 59(5):1050-1052.
- Onimawo, I. A. 2002. Proximate composition and selected chemical properties of the seed, pulp and oil of soursop (*Annona muricata*). *Plant Foods Hum. Nutr.* 57(2):165-171.
- Paull, E. R. 1996. Postharvest atemoya fruit splitting during ripening. *Postharvest Biology and Technology*. 8:329-334.
- Paull, R. E. 1982. Postharvest variation in composition of soursop (*Annona muricata* L.) fruit in relation to respiration and ethylene production. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 107(4):582-585.
- Paull, R. E.; Deputy, J. C. and Chen, N. J. 1983. Changes in organic acids, sugars and headspace volatiles during fruit ripening of soursop (*Annona muricata* L.). *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 108:931-934.
- Pinto A. C.; Cordeiro M. C.; De Andrade S. R.; Ferreira F. R.; Filgueiras H. A.; Alves R. E. and Kinpara D. I. 2005. *Annona* species. University of International Southampton, Centre for Underutilised Crops. Southampton, UK. 265 p.
- Proctor, A. and Miesle, T. 1991. Polygalacturonase and pectinmethylesterase activities in developing highbush blueberries. *HortScience*. 26(5):579-581.
- Ramírez, J. 2008. Central Mayorista de Antioquia. Boletín informativo. Medellín. 25 p.
- Ramírez, M.; López, M. y Gutiérrez, A. 1998. Manejo poscosecha y comercialización de la guanábana (*Annona muricata* L.). Neiva: Sena. 300 p.
- Redgwell, R. J.; Melton, L. D. and Brasch, D. J. 1992. Cell wall dissolution in ripening kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). Solubilization of the pectic polymers. *Plant Physiol.* 98:71-81.
- Reginato, M. G. y Lizana, A. 1980. Alteraciones detectadas en chirimoyas durante el almacenamiento. *Investigación Agrícola*. 6(3):97-101.
- Robards, K.; Prenzler, P. D.; Tucker, G.; Swatsitang, P. and Glover, W. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chem.* 66(4):401-436.
- Seymour, G. B. and Gross, K. C. 1996. Cell Wall disassembly and fruit softening. *Postharvest News Info.* 7:45-52.
- Silva, S. M.; Martins, L. P.; Santos, J. G. Dos, y Alves, R. E. 2001. Conservação pós-colheita de frutos de graviola (*Annona muricata* L.) sob atmosfera modificada. *Rev. Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, Hermosillo. 4(1):6-12.
- Solís, F. J. A.; Amador, C.; Hernández, M. R. y Duran, M. C. 2010. Caracterización fisicoquímica y comportamiento térmico del aceite de "almendra" de guanábana (*Annona muricata* L.). *Grasas y Aceites*. 61:58-66.
- Tovar, G. B.; Mata, M. De O. M.; García, G. H. S. y Montalvo, G. E. 2011. Efecto de emulsiones de cera y 1-metilciclopropeno en la conservación poscosecha de guanábana. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 17: 53-61.
- Vieira, D. S. O.; Vieira, G. D. V.; Pinho, J. J.; Yamamoto, C. H. and Alves, M. S. 2010. Antinociceptive and antiinflammatory activities of the ethanol extract of *Annona muricata* L. leaves in animal models. *Int J Mol Sci.* 11:2067-2078.
- Worrell, D. B.; Carrington, C. M. S. and Huber, D. J. 1994. Growth, maturation and ripening of soursop (*Annona muricata* L.) fruit. *Scientia Hort.* 57:7-15.