

Compuestos bioactivos de los residuos del pepino, papaya y zapote mamey generados en la Central de Abasto de la CDMX. Alternativas para su aprovechamiento

Bioactive compounds of cucumber, papaya and sapote mamey residues generated in the Central de Abasto of the CDMX. Alternatives for their utilization.

Norma Vázquez-Mata¹, M. Elena Camacho-Parra¹, A. Patricia Acosta-Blanco¹, Diana Rocha-Mendoza² e Israel García-Cano^{1*}
¹Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, Tlalpan, Ciudad de México, 14080, México.

²Food Science and Technology Department, Parker Food Science & Technology Building, The Ohio State University, Columbus, OH 43210, USA

*Corresponding author. israel.garciacc@incmnsz.mx;

Resumen

Las pérdidas de alimentos están definidas por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) como el desecho de alimentos que se generan durante los procesos de producción, poscosecha y procesamiento. Así mismo, define los desperdicios alimenticios a los que se generan durante la distribución y el consumo. La Central de Abasto de la Ciudad de México (CEDA), que es el mercado mayorista de mayor extensión del mundo, con una afluencia por arriba de las 30,000 toneladas de mercancía al día, presenta un problema en la pérdida y desperdicio de alimentos en sus instalaciones. Un estudio realizado en la CEDA en 2021 cuantificó las pérdidas y desperdicio de los alimentos. Se reportó que el 45.7% de los residuos orgánicos provienen de las frutas y verduras. De estos rubros destacan el pepino, mamey y papaya con un 28.5, 23, y 6.2% de pérdidas y desperdicio, respectivamente. El objetivo de esta revisión es brindar al lector un panorama general para el aprovechamiento de los subproductos y residuos principalmente del pepino, papaya y mamey (semilla, cáscara y pulpa). Así mismo, se aborda el uso de estos residuos como materia prima para la obtención de compuestos bioactivos, con la intención de reducir el impacto ambiental y ayudar a la sustentabilidad alimentaria. Se ha reportado que los residuos de pepino son utilizados para la obtención de bioproteínas, antioxidantes, fabricación de bio-nanocompuestos, entre otros compuestos. En el caso de la papaya, los residuos se han utilizado para la obtención de ácidos grasos, flavonoides, compuestos fenólicos, enzimas y proteínas. Finalmente, del mamey se obtienen compuestos fenólicos, carotenoides y ácidos grasos. Por lo anterior los subproductos y los compuestos bioactivos que se encuentran en estos alimentos tienen efectos benéficos en la salud humana y representan una alternativa de uso en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética.

Abstract

Food losses are defined by the FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) as the waste of food generated during the production, postharvest and processing processes. Likewise, it defines food waste as those generated during distribution and consumption. Central de Abasto of Mexico City (CEDA), which is the largest wholesale market in the world, with an influx of over 30,000 tons of merchandise per day, presents a problem with the loss and waste of food in its installations. A study carried out at CEDA in 2021 quantified food losses and waste. It was reported that 45.7% of organic waste comes from fruits and vegetables. Of these items, cucumber, mamey sapote and papaya stand out with 28.5, 23, and 6.2% of losses and waste, respectively. The objective of this review is to provide the reader with a general overview of the use of by-products and residues, mainly from cucumber, papaya and mamey (seed, peel, and pulp). Likewise, the use of these residues as raw material for obtaining bioactive compounds is addressed, with the intention of reducing the environmental impact and helping food sustainability. It has been reported that cucumber residues are used to obtain bioproteins, antioxidants, bio-nanocomposites manufacture, among other compounds. In the case of papaya, the residues have been used to obtain fatty acids, flavonoids, phenolic compounds, enzymes, and proteins. Finally, phenolic compounds, carotenoids and fatty acids are obtained from mamey. Therefore, the by-products and bioactive compounds found in these foods have beneficial effects on human health and represent an alternative for use in the food, pharmaceutical and cosmetic industries.

Keywords: organic waste, bioactive compounds, fermentation, hydrolysis, biogas, fruit, vegetable.

Palabras clave: residuos orgánicos, compuestos bioactivos, fermentación, hidrólisis, biogas, frutas, verduras.

INTRODUCCIÓN

En la cadena alimentaria, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) define a las pérdidas como, el desecho de alimentos durante los procesos de producción, poscosecha y procesamiento; y a los desperdicios a los que se generan durante la distribución y el consumo. Se distinguen cinco etapas en la cadena alimentaria de las verduras y frutas, en las cuales se originan pérdidas o desperdicios de alimentos. En la primera etapa se presenta el 28% de pérdidas ocasionadas por daños mecánicos ocurridos durante la cosecha o la separación de cultivos en la poscosecha. En la segunda etapa se presentan el 22% de pérdidas debidas al deterioro de los productos durante el manejo, almacenamiento y transporte entre el campo de cultivo y la distribución. Durante la tercera etapa que es el procesamiento industrial se pierde el 6% del producto por no cumplir los estándares de calidad para su transformación. En la distribución hay pérdidas y desperdicios del 17%, ocasionadas por el sistema de mercado, ya sea mercados mayoristas, supermercados, vendedores minoristas o mercados tradicionales. La última etapa es el consumo con desperdicios del 28% por las distintas formas de consumo en el hogar (HLPE, 2014). En el caso de las pérdidas que ocurren durante la cuarta etapa se tiene el ejemplo de la Central de Abasto de la Ciudad de México. Esta tiene un papel crucial en el sistema de distribución de alimentos mexicanos, así mismo aborda la problemática de la pérdida y el desperdicio de alimentos en sus instalaciones. Se han llevado a cabo importantes acciones para aprovechar estos desperdicios, como el caso del Centro de Acopio y Recuperación de Alimentos, ITACATE (2022) orientado a redistribuir los alimentos no vendidos a quienes más lo necesitan. Sin embargo, se siguen perdiendo grandes cantidades de alimentos que acaban en compostaje o bien en rellenos sanitarios que inciden en la salud pública. Dentro de los alimentos que representan mayores pérdidas son: la papaya, el pepino y el mamey (CCA, 2021).

Por otro lado, la actividad agropecuaria y agroindustrial generan una inmensa cantidad de residuos y subproductos, de los cuales un elevado porcentaje se quema o se incorpora al suelo como abono. Por lo anterior, en la medida que se descubran y apliquen posibles usos a los residuos y desperdicios, estos pueden adquirir un valor agregado. El aprovechamiento y la transformación de estos residuos se puede llevar a cabo por métodos físicos como: molienda, prensado o empleo de calor; por métodos químicos, como la hidrólisis dirigida, puede generar algunos compuestos de interés. También, se pueden incluir métodos biológicos, a través de fermentaciones, hidrólisis enzimática o cultivo de

INTRODUCTION

In the food chain, the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) defines losses as food waste during the production, postharvest and processing processes; and the waste generated during distribution and consumption. Five stages are distinguished in the food chain of vegetables and fruits, in which food losses or waste originate. In the first stage, 28% of losses are caused by mechanical damage that occurred during harvest or the separation of crops in the post-harvest. In the second stage, 22% of losses occur due to the deterioration of the products during handling, storage, and transport between the field of cultivation and distribution. During the third stage, industrial processing, 6% of the product is lost for not meeting the quality standards for its transformation. In the distribution there are losses and waste of 17%, caused by the market system, be it wholesale markets, supermarkets, retailers, or traditional markets. The last stage is consumption with 28% of waste due to the different forms of consumption at home (HLPE, 2014). In the case of losses that occur during the fourth stage, the Central de Abasto in Mexico City is an example. It plays a crucial role in the Mexican food distribution system, as well as in addressing the problem of food loss and waste in its facilities. Important actions have been carried out to take advantage of this waste, such as the Food Collection and Recovery Center, ITACATE (2022) program aimed at redistributing unsold food to those who need it most. However, large amounts of food continue to be lost and end up in composting or in landfills that affect public health. Among the foods that represent the greatest losses are papaya, cucumber and mamey sapote (CCA, 2021).

On the other hand, agricultural and agro-industrial activities generate an immense amount of waste and by-products, of which a high percentage is burned or incorporated into the soil as fertilizer. Therefore, to the extent that possible uses are discovered and applied to residues and waste, they can acquire added value. The use and transformation of these residues can be carried out by physical methods such as grinding, pressing or use of heat; by chemical methods, such as directed hydrolysis, it can generate some compounds of interest. Also, biological methods can be included, through fermentation, enzymatic hydrolysis, or microorganisms' transformation, which provide a sustainable and efficient solution to environmental problems.

In this way, using various biosustainable techniques, products with a high protein content can be obtained, focused on feeding ruminants (Monterola and Cerda, 2018). Phytochemical compounds with bioactive properties can also be produced, which are aimed at public health and food safety. As well as the extraction of oils and fatty acids and the generation of biofuels and biofertilizers, among other products.

cultivo de microorganismos los cuales brindan una solución sustentable y eficiente a la problemática medioambiental.

De esta manera, utilizando diversas técnicas biosostenibles, se pueden obtener productos con alto contenido de proteína, enfocada a la alimentación de rumiantes (Monterola y Cerda, 2018). También se pueden producir compuestos fitoquímicos con propiedades bioactivas, que vayan dirigidas a la salud pública e inocuidad alimentaria. Así como la extracción de aceites y ácidos grasos y la generación de biocombustibles y biofertilizantes entre otros productos.

El objetivo de esta revisión es examinar los estudios llevados a cabo para el aprovechamiento de los residuos y subproductos obtenidos de aquellos productos que son más consumidos y que presentan mayores pérdidas y desperdicios como el caso del pepino, papaya y mamey, de los cuales se obtiene gran cantidad de residuos de la Central de Abasto (CEDA) de la Ciudad de México.

MANEJO Y DISTRIBUCIÓN DE FRUTAS Y VERDURAS

Los datos más recientes reportados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO), sitúan a México como el quinto productor mundial de frutas y hortalizas, con un total de 40 millones de toneladas anuales, las cuales contribuyen en la alimentación de millones de personas en el país y alrededor del mundo, se comercializan en diversos centros de distribución en la República Mexicana y el resto se destina al mercado de exportación.

Uno de los centros de distribución más importantes es la CEDA, donde diariamente se comercializan 30 mil toneladas de productos alimentarios que representan el 80% de los alimentos que consumen los habitantes de la Ciudad de México y un porcentaje significativo de la zona conurbada y estados circunvecinos. La sección de frutas y legumbres dentro del CEDA, es la más grande ya que abarca 223,647 metros cuadrados. Tiene además organizados sus propios pasillos: el de comercio al medio mayoreo y menudeo, así como los dedicados al mayoreo de ciertos productos, como tomate y jitomate, cebolla, ajo, limón, naranja, papa, papaya y plátano. La superficie de este mercado es de 639,964 metros cuadrados. Cuenta con 1,847 bodegas, con capacidad cada una de ellas, de entre 50 y 60 toneladas de productos, así como con 1,139 locales comerciales. Algunas bodegas están equipadas con lavadoras y seleccionadoras de frutas, e incluso con cámaras de refrigeración o maduración (Chávez, 2019).

Con base en los datos sobre manejo de residuos recabados en la CEDA en 2020, se sabe que los puestos que venden frutas y verduras son responsables de 45.7% de todos los residuos orgánicos generados en el mercado, porcentaje equivalente a 32,725 toneladas de desechos alimentarios cada año.

The objective of this review is to examine the studies carried out for the use of residues and by-products obtained from those products that are most consumed and that present greater losses and waste, such as the case of cucumber, papaya and mamey, from which a large amount of waste is obtained from the Central de Abasto (CEDA) of Mexico City.

HANDLING AND DISTRIBUTION OF FRUITS AND VEGETABLES

The most recent data reported by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Mexico is the fifth largest producer of fruits and vegetables, with a total of 40 million tons per year, which contribute to the food of millions of people in the country and around the world, are sold in various distribution centers in the Mexican Republic and the rest is destined for the export market.

One of the most important distribution centers is the CEDA, where 30,000 tons of food products are sold daily, representing 80% of the food consumed by the inhabitants of Mexico City and a significant percentage of the metropolitan area and surrounding states. The fruit and vegetable section within CEDA is the largest, covering 223,647 square meters. It also has its own organized aisles: wholesale and retail trade, as well as those dedicated to the wholesale of certain products, such as tomato, onion, garlic, lemon, orange, potato, papaya, and banana. The area of this market is 639,964 square meters. It has 1,847 warehouses, each with a capacity of between 50 and 60 tons of products, as well as 1,139 stores. Some warehouses are equipped with washers and fruit sorters, and even with refrigeration or ripening chambers (Chávez, 2019).

Based on data on waste management collected at the CEDA in 2020, it is known that sell fruits and vegetables stalls are responsible for 45.7% of all organic waste generated in the market, a percentage equivalent to 32,725 tons of food waste each year. Foods with higher water content (cucumber, mamey, watermelon and eggplant) tend to have a higher rate of loss due to they are more perishable and therefore more likely to be lost or wasted when not sold promptly. This finding suggests that these products are the ones that most need some type of intervention to reduce their waste.

Among the 10 fruits and vegetables with the highest demand in the country are papaya and cucumber with a production of 1,117,437 tons and 1,159,934 tons, respectively. Cucumber is currently one of the most relevant vegetables, the annual per capita consumption is 2.6 kg, and it is consumed mainly fresh and, in some cases, pickled (gherkins). For its part, papaya in the maradol variety has a production of 99%; the remaining 1% is divided into other varieties. The annual per capita consumption is 7.4 kg. Finally, in 2020 the production of mamey in Mexico was 26,375 tons (+20.9% compared to

Los alimentos con mayor contenido en agua (pepino, mamey, sandía y berenjena) tienden a tener un mayor índice de pérdidas. Eso se debe a que son más perecederos y, por tanto, es más probable que se pierdan o se desperdicien cuando no se venden con prontitud. Este hallazgo sugiere que dichos productos son los que más necesitan algún tipo de intervención que permita reducir su desperdicio.

Entre las 10 frutas y verduras con mayor demanda en el país se encuentran la papaya y el pepino con una producción de 1,117,437 toneladas y 1,159,934 toneladas, respectivamente. Actualmente el pepino es una de las verduras de mayor relevancia, el consumo anual per cápita es de 2.6 kg y se consume principalmente en fresco y en algunos casos encurtido (pepinillos). Por su parte la papaya en la variedad maradol tiene una producción del 99%; el 1% restante se divide en otras variedades. El consumo anual per cápita es de 7.4 kg. Finalmente, en 2020 la producción de mamey en México fue de 26,375 toneladas (+20.9% en comparación con 2019), las cuales fueron obtenidas de 1,865 hectáreas cosechadas (+27.7%) (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2021).

HISTORIA

Pepino (*Cucumis sativus* L.)

Pertenece a la familia botánica de las cucurbitáceas, que agrupa más de 850 especies, casi todas herbáceas, trepadoras o rastreras, con frutos grandes protegidos por una corteza firme. Es una hortaliza con gran potencial económico como planta medicinal y fuente de materia prima industrial, es originario de la India pues la evidencia arqueológica y lingüística sugiere que se cultivó desde hace 3,000 años en todo el oeste de Asia. De la India se extendió a Grecia e Italia donde el cultivo fue significativo en el imperio romano y un poco más tarde a China y el sur de Rusia. Más tarde se extendió hasta América del Norte a través del colonialismo y las redes comerciales indígenas, donde ya se cultivaba en el siglo XVII (Maynard y Maynard, 2000).

Papaya (*Carica papaya* L.)

Pertenece a la familia de las caricáceas, es originaria de las zonas tropicales de México y Centroamérica, crece y se desarrolla mejor en zonas cálidas y húmedas formada por 71 especies de árboles sin ramas que producen grandes frutos y crecen en regiones tropicales de África y Sudamérica.

Existen otras especies que pertenecen al mismo género que el papayo común, del que procede la papaya, cuyos frutos no son comestibles. Esta fruta ocupa el primer puesto mundial en lo que a exportación se refiere (Romero, 2019).

Zapote Mamey (*Pouteria sapota*)

Es un fruto exótico de clima tropical, originario de las partes bajas de América Central, que actualmente se cultiva en

to 2019), which were obtained from 1,865 harvested hectares (+27.7%) (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2021).

HISTORY

Cucumber (*Cucumis sativus* L.)

The cucumber crop residue is composed of two plant structures: the foliage (stems and leaves) and the waste fruits, which are those fruits that have an irregular shape, of which 56.25% correspond to foliage and 43.75% to fruits of disposal. The main by-product obtained is the shells, which represent 10% of the fresh fruit, resulting in a significant amount of waste (Mier *et al.*, 2020). According to the FAO and Aguilar Gutiérrez (2014) the data of a selection of 34 basic products of the food basket of the national crusade against hunger for Mexico, it is reported that in the case of cucumber, 45.46% of the national consumption of 224,674 tons. The causes of its waste are mainly due to the unloading stage where it is easily manipulated and mistreated due to its water content, it is fragile and can present cracks and openings, as well as the expiration of the food itself.

Papaya (*Carica papaya* L.)

It is consumed in different ways, some of them are fresh papaya, dehydrated papaya, powdered, crystallized, cubed, pureed, jam, in syrup and papaya juice, even papain is extracted, which is a protein used to improve digestion or as a meat tenderizer. These treatments cause a high percentage of waste, since during the harvest cycle the fruit is too ripe or not sufficiently ripe or may even be bruised (Cervantes, 2017).

Inadequate handling in the pre and postharvest stages is a critical point in the quality control of papaya fruit. Phytopathological problems cause a loss of between 40 and 50% of papaya crops, leading to a short postharvest shelf life, which implies weight loss, rapid softening of the pulp and microbial growth (Romero, 2019).

Mamey sapote (*Pouteria sapota*)

The mamey sapote is highly perishable, which makes it difficult to market it in fresh fruit markets, so to maintain its quality and shelf life, it needs refrigeration to maintain its organoleptic and nutritional qualities. Therefore, it is generally freshly consumed and frozen pulp and is marketed in local markets close to the producing areas since its export is an excipient activity (Villegas *et al.*, 2016). During the processing of the mamey sapote and in general, in the fruit and vegetable industry, a large amount of materials considered waste is generated, such as peels, seeds and pulp, which cause contamination problems if not disposed of properly, furthermore these residues contain various substances high-value upcycled products with great

en México, Florida, Sudamérica y Filipinas. Esta fruta pertenece a la familia Sapotaceae, por lo que también es llamado zapote mamey o zapote colorado. Su nombre en náhuatl es *tetzontzapotl*, que significa zapote color de tezontle, llamado así por su parecido al color de esta piedra (Velázquez *et al.*, 2015; Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020).

PÉRDIDAS Y DESPERDICIOS

Debido a las nuevas tendencias en cuidado de la salud, el consumo de frutas exóticas se ha incrementado en los últimos años. La industria alimentaria, ha creado alimentos funcionales enfocados a lo "natural y saludable" utilizando diversas pulpas y jugos de frutas. Este tipo de productos procesados o no, utilizan una parte de la fruta dejando de lado algunos subproductos como las cáscaras y semillas (Flores *et al.*, 2018).

Un estudio realizado en 2021 en la CEDA de la Ciudad México, cuantificó las pérdidas y desperdicio de los alimentos que se comercializan en esta central, arrojando que de los 34 tipos de alimentos que comercializan declararon pérdidas anuales de 28.57% para el pepino, 23.08% para el mamey y 6.19% para la papaya (CCA, 2021).

Pepino

El residuo del cultivo del pepino está compuesto de dos estructuras vegetales: el follaje (tallos y hojas) y los frutos de desecho que son aquellos frutos que tienen una forma irregular, de las cuales, 56.25% corresponden a follaje y 43.75% a frutos de desecho. El principal subproducto obtenido son las cáscaras, las cuales representan el 10% del fruto fresco, resultando en una cantidad importante de residuos (Mier *et al.*, 2020). De acuerdo a la FAO y Aguilar Gutiérrez (2014) los datos de una selección de 34 productos básicos de la canasta de alimentos de la cruzada nacional contra el hambre para México, se informa que en el caso del pepino se desperdicia el 45.46% de un consumo nacional de 224,674 toneladas. Las causas de su desperdicio se deben principalmente a la etapa de descarga donde se manipula y se maltrata fácilmente; debido a su contenido de agua es frágil y puede presentar grietas y aberturas, así como a la caducidad misma del alimento.

Papaya

Se consume de diferentes formas, algunas de ellas son papaya fresca, papaya deshidratada, en polvo, cristalizada, en cubo, puré, mermelada, en almíbar y jugo de papaya, incluso se extrae la papaína, que es una proteína utilizada para mejorar la digestión o como ablandador de carne. Estos tratamientos provocan un porcentaje alto de desperdicio, ya que durante el ciclo de cosecha la fruta puede estar demasiado madura o no estar suficientemente madura o

economic potential (Kuyu, 2015). Due to the overproduction of these residues, interest has increased in finding new uses for the fibers derived from them; for example, in the region of Tuxtepec, Oaxaca, large amounts of waste from this fruit are generated, these being mostly lignocellulosic materials composed mainly of cellulose, hemicellulose and lignin through which it is possible to obtain derivatives such as carboxymethylcellulose (CMC) (Juárez *et al.*, 2011).

LOSS AND WASTE

Due to new trends in health care, the consumption of exotic fruits has increased in recent years. The food industry has created functional foods focused on "natural and healthy" using various pulps and fruit juices. This type of product, processed or not, uses a part of the fruit, leaving aside some by-products such as peels and seeds (Flores *et al.*, 2018).

A study carried out in 2021 at the CEDA in Mexico City quantified the losses and waste of food that is marketed in this plant, showing that of the 34 types of food that they market, they declared annual losses of 28.57% for cucumber, 23.08% for mamey and 6.19% for papaya (CCA, 2021).

Cucumber

The cucumber crop residue is composed of two plant structures: the foliage (stems and leaves) and the waste fruits, which are those fruits that have an irregular shape, of which 56.25% correspond to foliage and 43.75% to fruits of disposal. The main by-product obtained is the shells, which represent 10% of the fresh fruit, resulting in a significant amount of waste (Mier *et al.*, 2020). According to the FAO and Aguilar Gutiérrez (2014) the data of a selection of 34 basic products of the food basket of the national crusade against hunger for Mexico, it is reported that in the case of cucumber, 45.46% of the national consumption of 224,674 tons. The causes of its waste are mainly due to the unloading stage where it is easily manipulated and mistreated due to its water content, it is fragile and can present cracks and openings, as well as the expiration of the food itself.

Papaya

It is consumed in different ways, some of them are fresh papaya, dehydrated papaya, powdered, crystallized, cubed, pureed, jam, in syrup and papaya juice, even papain is extracted, which is a protein used to improve digestion or as a meat tenderizer. These treatments cause a high percentage of waste, since during the harvest cycle the fruit is too ripe or not sufficiently ripe or may even be bruised (Cervantes, 2017).

Inadequate handling in the pre and postharvest stages is a critical point in the quality control of papaya fruit. Phytopathological problems cause a loss of between 40 and 50% of papaya crops, leading to a short postharvest shelf life,

o incluso puede estar magullada (Cervantes, 2017).

El manejo inadecuado en las etapas de pre y poscosecha es un punto crítico en el control de calidad de la fruta de papaya. Los problemas fitopatológicos provocan una pérdida de entre 40 y 50% de los cultivos de papaya, induciendo a una corta vida de anaquel en poscosecha, lo que implica pérdida de peso, rápido ablandamiento de la pulpa y crecimiento microbiano (Romero, 2019).

Zapote mamey

El zapote mamey es altamente perecedero, lo que dificulta su comercialización en los mercados de fruta fresca, de modo que para mantener la calidad y la vida útil necesita refrigeración para mantener sus cualidades organolépticas y nutricionales. Por tanto, generalmente se consume en fresco y pulpa congelada y se comercializa en mercados locales próximos a las zonas productoras ya que su exportación es una actividad excipiente (Villegas *et al.*, 2016). Durante el procesamiento del zapote mamey y en general en la industria de frutas y verduras se generan grandes cantidades de materiales consideradas un desecho, como cáscaras, semillas y pulpa, que causa problema de contaminación si no se dispone adecuadamente, además estos residuos contienen diversas sustancias reutilizables de alto valor con gran potencial económico (Kuyu, 2015). Debido a la sobreproducción de estos residuos ha aumentado el interés por encontrar nuevos usos para las fibras procedentes de estos; por ejemplo, en la región de Tuxtepec, Oaxaca, se generan grandes cantidades de residuos de esta fruta, siendo estos en su mayoría materiales lignocelulósicos compuestos principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina a través de los cuales es posible obtener derivados como la carboximetilcelulosa (CMC) (Juárez *et al.*, 2011).

COMPOSICIÓN

El pepino se compone principalmente de agua (96-97%), por lo que es poco energético tanto que 100 g de porción comestible aportan de 17- 20 kcal. El contenido de proteína y lípidos es bajo en comparación con otras verduras, al igual que su aporte de hidratos de carbono. La cáscara y la pulpa del pepino contienen una gran cantidad de vitamina C y vitamina B1, también contienen nutrimentos inorgánicos como potasio que es el más abundante y en menor proporción se encuentran el fósforo, calcio, magnesio, zinc, sodio, cobre y manganeso (Wettimuny *et al.*, 2020). La papaya presenta un alto contenido de agua (89 %), su principal componente son los hidratos de carbono, la mayoría simples, aunque en pequeñas cantidades, por lo que su aporte calórico es bajo. Destaca su aporte de potasio y en cuanto a las vitaminas, es una fuente importante de vitamina C, así como de provitamina A, B1 y B2, hierro, calcio y fósforo. El zapote

which implies weight loss, rapid softening of the pulp and microbial growth (Romero, 2019).

Mamey sapote

The mamey sapote is highly perishable, which makes it difficult to market it in fresh fruit markets, so to maintain its quality and shelf life, it needs refrigeration to maintain its organoleptic and nutritional qualities. Therefore, it is generally freshly consumed and frozen pulp and is marketed in local markets close to the producing areas since its export is an excipient activity (Villegas *et al.*, 2016). During the processing of the mamey sapote and in general, in the fruit and vegetable industry, a large amount of materials considered waste is generated, such as peels, seeds and pulp, which cause contamination problems if not disposed of properly, furthermore these residues contain various substances high-value upcycled products with great economic potential (Kuyu, 2015). Due to the overproduction of these residues, interest has increased in finding new uses for the fibers derived from them; for example, in the region of Tuxtepec, Oaxaca, large amounts of waste from this fruit are generated, these being mostly lignocellulosic materials composed mainly of cellulose, hemicellulose and lignin through which it is possible to obtain derivatives such as carboxymethylcellulose (CMC) (Juárez *et al.*, 2011).

COMPOSITION

Cucumber is mainly made up of water (96-97%), so it is low in energy, so much so that 100 g of the edible portion provides 17-20 kcal. The protein and lipid content is low compared to other vegetables, as is its carbohydrate intake. The peel and pulp of the cucumber contain a large amount of vitamin C and vitamin B1, they also contain inorganic nutrients such as potassium, which is the most abundant, and to a lesser extent phosphorus, calcium, magnesium, zinc, sodium, copper, and manganese (Wettimuny *et al.*, 2020). Papaya has a high-water content (89%), and its main component is carbohydrates, most of them simple, although in small quantities, so its caloric intake is low. Its contribution of potassium stands out and in terms of vitamins, it is an important source of vitamin C, as well as provitamin A, B1 and B2, iron, calcium, and phosphorus. The mamey sapote contains mainly pulp (approximately 70%), with its shell and seed being a smaller percentage of its composition. Its shell is rich in dietary fiber (61.43 g/100 g), compared to the pulp (21.50 g/100 g); while the seed is rich in monounsaturated and polyunsaturated fatty acids (Belmonte *et al.*, 2022). It is a fruit that is characterized by containing 75% water and a high content of carbohydrates, as well as protein, fat, fiber, minerals, vitamins, amino acids and volatile constituents such as benzaldehyde, hexanal and hexadecanoic acid (Pino *et al.*, 2006).

Mamey contiene principalmente pulpa (aproximadamente 70%), siendo su cáscara y semilla un porcentaje menor de su composición. Su cáscara es rica en fibra dietética (61.43 g/100 g), frente a la pulpa (21.50 g/100 g); mientras que la semilla es rica en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (Belmonte *et al.*, 2022). Es un fruto que se caracteriza por contener 75 % de agua y un alto contenido de hidratos de carbono, así como también proteína, grasa, fibra, nutrimentos inorgánicos, vitaminas, aminoácidos y constituyentes volátiles como benzaldehído, hexanal y ácido hexadecanoico (Pino *et al.*, 2006). Su peculiar color se debe a su gran contenido de carotenoides tanto en la cáscara como en la pulpa (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020). La composición química y el contenido de nutrimentos inorgánicos de estos cultivos se muestran en las **Tablas 1 y 2**.

Its peculiar color is due to its high content of carotenoids both in the peel and in the pulp (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020). The chemical composition and inorganic nutrient content of these crops are shown in **Tables 1 and 2**.

Tabla 1. Composición química del pepino, papaya y zapote mamey en 100 g de porción comestible.

Table 1. Chemical composition of cucumber, papaya and mamey sapote in 100 g of edible portion

	Energía(k cal)	Humedad (g)	PC (g)	Cenizas(g)	EE (g)	A.G.S (g)	A.G.M.I (g)	A.G.P.I (g)	HC (g)	Azúcares (g)	FC (g)	FDT (g)	FDI (g)
Pepino	13	95.2	0.9	0.4	0.2	0.04	0.01	0.03	2.44	0.4	0.9	0.9	0.7
Papaya	33	89.5	0.2	0.6	0.07	0.08	0.07	0.06	8.54	5.6	0.8	1.1	0.8
Zapote mamey	70	72.4	1.9	1.4	0.3	0.14	0.2	0.08	16.2	17.9	2.7	5.9	4.7

PC: Proteína Cruda, EE: Extracto Etéreo, A.G.S: Ácidos grasos saturados, A.G.M.I: Ácidos grasos monoinsaturados, A.G.P.I: Ácidos grasos poliinsaturados, HC: Hidratos de carbono, FC: Fibra cruda, FDT: Fibra dietaria total, FDI: Fibra dietaria insoluble.

Fuente: INCMNSZ, 2016 (https://www.incmnsz.mx/2019/TABLAS_ALIMENTOS.pdf)

CP: Crude Protein; EE: Ethereal Extract; SFA: Saturated fatty acids, MFA: Monounsaturated fatty acids, PUFA: Polyunsaturated fatty acids, CH: Carbohydrates, TDF: Total dietary fiber, IDF: Insoluble dietary fiber

Source: INCMNSZ, 2016 (https://www.incmnsz.mx/2019/TABLAS_ALIMENTOS.pdf)

Tabla 2. Contenido de vitaminas y nutrimentos inorgánicos del pepino, papaya y mamey en 100 g de porción comestible

Table 2. Content of vitamins and inorganic nutrients of cucumber, papaya and mamey sapote in 100 g of edible portion

Elemento	Pepino	Papaya	Zapote mamey
Ca (mg)	18	17	50.5
P (mg)	20	6.5	31.3
Fe (mg)	2.50	0.46	0.37
Na (mg)	2	8	15.0
K (mg)	147	182	47
Mg (mg)	13	21	16
Cu (mg)	0.99	0	0

Zn (mg)	3.30	0.44	0.91
Mn (mg)	0.08	0.02	*
Vit. A (U.I)	9.99	*	230
□-carotenos (mg)	0.01	0.2	0.12
Vit. B1 (mg)	0.03	0.04	0.03
Vit. B2 (mg)	0.04	0.03	0
Niacina (mg)	0.35	0.3	1.4
Ácido Ascórbico (mg)	12.9	40	25.7
Vit. B6 (mg)	0.04	0.02	0.1
Folato (µg DFE)	7	38	14

*valor no encontrado en las fuentes consultadas. U.I. Unidades Internacionales

Fuente: INCMNSZ, 2016 (https://www.incmnsz.mx/2019/TABLAS_ALIMENTOS.pdf)

* Value not found in the consulted sources. I.U. International Units

Source: INCMNSZ, 2016 (https://www.incmnsz.mx/2019/TABLAS_ALIMENTOS.pdf)

PROPIEDADES BENÉFICAS

La familia de las Cucurbitáceas a la cual pertenece el pepino (*Cucumis sativus* L.) presenta propiedades medicinales las cuales han sido descritas desde la antigüedad. Diferentes partes de las plantas, hojas, frutos y semillas, han sido exploradas por sus beneficios terapéuticos (Sahu y Sahu, 2015). Las principales propiedades del pepino se basan en su variedad de nutrimentos, que lo convierte en un alimento nutritivo, hidratante y adelgazante.

La papaya pertenece a la familia de *Caricaceae* del género *Carica*, también presenta propiedades medicinales ya que juega un papel protector en la salud de los ojos por su contenido de vitamina A, también tiene un papel importante ya que ayuda a prevenir las enfermedades cardiacas, cáncer y asma. Estas propiedades se encuentran tanto en la fruta y en las semillas, la cáscara puede promover la cicatrización de heridas (López y Sarango, 2022).

El zapote mamey pertenece a la familia *Sapotaceae*. Probablemente es uno de los frutos no tan conocido y consumido. Sin embargo, sus diversas propiedades medicinales lo han convertido en uno de los alimentos más utilizados dentro de la medicina alternativa. Entre sus propiedades resalta su alto nivel de vitaminas, entre ellas la A y C, y nutrimentos inorgánicos como el magnesio, calcio, potasio y sodio, los cuales, en conjunto, aportan una gran cantidad de nutrimentos para la salud. Del fruto se utiliza todas las partes, tanto en medicina como en cosmetología (Martínez, 2022).

De forma general se enlistan las propiedades de los tres cultivos en la **Tabla 3**.

BENEFICIAL PROPERTIES

The Cucurbitaceae family to which the cucumber (*Cucumis sativus* L.) belongs has medicinal properties which have been described since ancient times. Different parts of plants, namely leaves, fruits, and seeds, have been explored for their therapeutic benefits (Sahu and Sahu, 2015). The main properties of cucumber are based on its variety of nutrients, which makes it a nutritious, moisturizing, and slimming food. Papaya belongs to the *Caricaceae* family of the *Carica* genus, it also has medicinal properties as it plays a protective role in eye health due to its vitamin A content, it also has an important role as it helps prevent heart disease, cancer, and asthma. These properties are found in both the fruit and the seeds, the peel can promote wound healing (López and Sarango, 2022).

The mamey sapote belongs to the *Sapotaceae* family. It is probably one of the fruits not so well known and consumed. However, its various medicinal properties have made it one of the most widely used foods in alternative medicine. Among its properties, its high level of vitamins stands out, including A and C, and minerals such as magnesium, calcium, potassium, and sodium, which, together, provide a large amount of nutrients for health. All parts of the fruit are used, both in medicine and in cosmetology (Martínez, 2022). In general, the properties of the three crops are listed below, **Table 3**.

Tabla 3. Usos y propiedades benéficas del pepino (*Cucumis sativus* L.), papaya (*Carica papaya* L.) y zapote mamey (*Pouteria sapota*).

Table 3. Uses and beneficial properties of cucumber (*Cucumis sativus* L.), papaya (*Carica papaya* L.) and mamey sapote (*Pouteria sapota*).

Especie vegetal y parte utilizada	Usos y propiedades benéficas
Pepino	
Fruto	El extracto del fruto se utiliza como agente acondicionador de la piel en productos para bebé, membranas mucosas y ojos. Se utiliza en aerosoles cosméticos.
Cáscara y semillas	Buen recurso de fibra dietaria que puede ayudar a reducir el estreñimiento. Diurético útil en disuria y cálculos urinarios. Hipolipemiente y antihelmíntico.
Hojas y flores	El jugo de la hoja es útil en el tratamiento de heridas como cicatrizante, coadyuvante en infecciones de garganta.
Tallos	Antiinflamatorio para la bronquitis, dolor de cabeza y forúnculos.
Papaya	
Fruto	Fabricación de bebidas, mermeladas, helados y conservas en almíbar, consumo como fruta, jugo. Actividad antioxidante.
Fruto verde y tallo	Control de insuficiencia gástrica, digestión de tejidos putrefactos, en estudios citológicos en la determinación de cáncer estomacal. En la industria cárnica se emplea en el ablandamiento de carnes.
Hojas	Ablandar los alimentos por su actividad proteolítica. Desinflama los intestinos, ayuda en los tratamientos de úlceras y del duodeno.
Flores	Alto contenido de antioxidantes que ofrecen resistencia y neutraliza la alta producción de radicales libres en el cuerpo humano lo cual tiene propiedades anticancerígenas.
Zapote mamey	
Pulpa	Se consume como fruto fresco y en la preparación de ensaladas, licuados y postres.
	Confitería: helados, dulces, mermeladas, tartas y pudines.
	Úlceras gástricas y disentería.
	Propiedades suavizantes e hidratantes y antirradicales libres que se le atribuyen por su contenido de carotenos.
Semilla	Es considerada antiseborreica, para el dolor de cabeza y como tónico para reducir dolencias musculares y reumáticas.
	Sus aceites se usan como ungüento para la piel, remedio para la caída del cabello, dolores musculares y reumáticos. Paliativo para problemas oculares y de oídos.
	En la industria alimentaria sus fracciones sólidas de aceites se mezclan con otras grasas naturales como la manteca de cacao o la grasa de semillas de mango.
	Puede ser utilizada como digestivo, diurético y en infecciones de las encías, epilepsia, gangrena e infección de los ojos. Inclusive puede ser utilizado para mordeduras de serpiente y vómito.
	En polvo se mezcla con maíz tostado, o harina de maíz, el azúcar y la canela y se prepara como una bebida nutritiva llamada "pozol".
	Se lleva a cabo una molienda y se usa para tratar enfermedades coronarias, problemas renales y reumáticos.
	Se hierve, se tuesta y se mezcla con cacao para preparación de chocolate amargo.
	El aceite obtenido en frutos maduros representa una proporción entre el 44 y 50 %, se usa para la elaboración de productos cosméticos como jabones y acondicionadores para el cabello.
	Se obtienen ingredientes activos, los cuales se formulan con acetona, alcohol o éter de petróleo y se ofertan como insecticidas químicos.
En perfumería se puede utilizar como fuente de esencia de perfumes (olor a almendra).	

	Control de ectoparásitos en perros.
Cáscara	Juega un papel muy importante en la biosorción de cromo y como fertilizante.
	El látex extraído de la corteza y de la cáscara de la fruta verde y las infusiones de las semillas pulverizadas, se usan como insecticidas para eliminar las garrapatas y las niguas en los animales domésticos y en los humanos.
	Presenta propiedades tóxicas para plagas de hortalizas y especies frutales, pues contiene una sustancia denominada mamevin o mamein, que elimina por contacto e ingestión a las plagas como los gusanos de <i>Plutella</i> y <i>Ascia</i> .
Tronco del árbol que no da frutos	La madera se emplea en carpintería y ebanistería para la elaboración de muebles.
	Exudado del tallo para control de ectoparásitos en perros.

Fuentes: Lans *et al.*, 2000; Moo *et al.*, 2013; Mukherjee *et al.*, 2013; Velázquez *et al.*, 2015; Medical News Today, 2021; Sheyasi *et al.*, 2022.
 Sources: Lans *et al.*, 2000; Moo *et al.*, 2013; Mukherjee *et al.*, 2013; Velázquez *et al.*, 2015; Medical News Today, 2021; Sheyasi *et al.*, 2022.

COMPUESTOS BIOACTIVOS

El pepino se considera que es rico en polifenoles, aminoácidos, fitoesteroles, ácidos fenólicos, ácidos grasos, cucurbitacinas y otros fitoquímicos (Uzuazokaro *et al.*, 2018) (**Tabla 4**) que poseen actividad biológica, antioxidante, anticancerígena, antihialuronidasa, antielastasa, hipolipidémica, antiinflamatoria, antihyperglucémicas, diurética, amilolíticas, antimicrobiana y analgésica. Varios autores informan la actividad biológica de los compuestos fitoquímicos que contiene el pepino (Insanu *et al.*, 2022) (**Figura 1**).

BIOACTIVE COMPOUNDS

Cucumber is considered rich in polyphenols, amino acids, phytosterols, phenolic acids, fatty acids, cucurbitacins and other phytochemicals (Uzuazokaro *et al.*, 2018) (**Table 4**), that have biological, antioxidant, anticancer, antihyaluronidase, antielastase, hypolipidemic activity, anti-inflammatory, antihyperglycemic, diuretic, amyolytic, antimicrobial and analgesic. Several authors report the biological activity of the phytochemical compounds contained in cucumber (Insanu *et al.*, 2022) (**Figure 1**).

Fitoquímico	Composición (mg/g)
Taninos	1.26±0.07
Polifenoles	8.51±0.50
Fenoles	7.72±0.50
Glicósidos cianogénicos	0.21±0.13
Antocianinas	1.21±0.39
Glicósidos	32.23±0.41
Azúcares reductores	574.36±3.88
Saponinas	2.01±0.08
Alcaloides	2.22±0.96
Flavonoides	2.14±0.56
Terpenoides	26.27±1.37
Esteroides	11.69±1.80
Resinas	50.70±8.82
Clorofila a	4.49±0.03

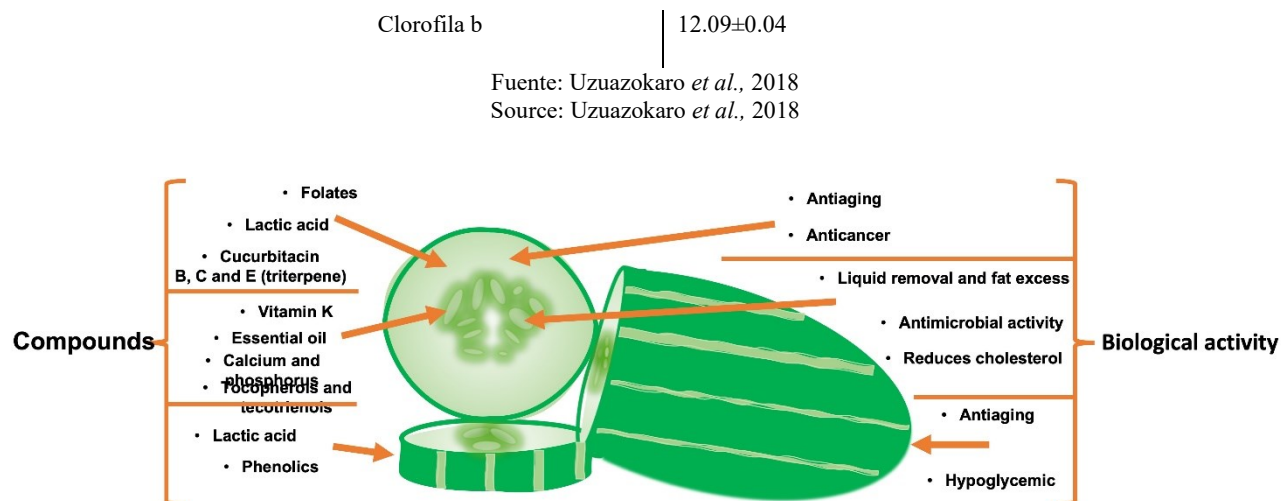


Figura 1. Usos y propiedades benéficas del pepino (*Cucumis sativus* L.)

Fuentes: Achu *et al.*, 2008; Soutiroudis *et al.*, 2010; Agarwal *et al.*, 2012; Shang *et al.*, 2014; Nasrin *et al.*, 2015; Ibitoye *et al.*, 2018; Tuama y Mohammed, 2019 e Insanu *et al.*, 2022.

Figure 1. Uses and beneficial properties of cucumber (*Cucumis sativus* L.)

Sources: Achu *et al.*, 2008; Soutiroudis *et al.*, 2010; Agarwal *et al.*, 2012; Shang *et al.*, 2014; Nasrin *et al.*, 2015; Ibitoye *et al.*, 2018; Tuama and Mohammed, 2019; Insanu *et al.*, 2022.

Por otra parte, la papaya presenta un contenido importante de taninos, vitaminas tales como la vitamina C, A y B, polifenoles (Tabla 5), que le confieren propiedades antioxidantes, además de la capacidad antioxidante, antiinflamatoria, anticancerígena, diurética, proteolítica y antimicrobiana. Presenta además enzimas proteolíticas como la papaína y la quimopapaína que ayudan a la correcta función del aparato digestivo. Varios estudios han demostrado que todas las partes de esta fruta presenta beneficios a la salud (Figura 2) (López y Sarango, 2022).

On the other hand, papaya has an important content of tannins, vitamins such as vitamins C, A and B, polyphenols (Table 5), that give it antioxidant properties, in addition to antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, diuretic, proteolytic and antimicrobial capacity. It also has proteolytic enzymes such as papain and chymopapain that help the proper function of the digestive system. Several studies have shown that all parts of this fruit have health benefits (Figure 2) (López and Sarango, 2022).

Tabla 5. Constituyentes bioactivos y con capacidad antioxidante en la pulpa de papaya (*Carica papaya* L.)
Table 5. Bioactive constituents with antioxidant capacity in papaya pulp (*Carica papaya* L.)

Contenido de flavonoides totales en cáscara, pulpa y semilla

Parte estructural	
Cáscara (mg EQ/100g) ¹	93.35 ± 7.33
Pulpa (mg EQ/100g) ¹	30.51 ± 1.42
Semilla (mg EQ/100g) ¹	51.8 ± 0.22
Compuestos carotenoides	
Cáscara (µg Eβ-caroteno/g) ¹	6412 ± 170.11
Pulpa (µg Eβ-caroteno/g) ¹	6336.71 ± 236.11
Semilla (µg Eβ-caroteno/g) ¹	1539 ± 123.48

Capacidad antioxidante por el método DPPH (2,2-difenil-i-picril-hidrazil)

	Extracto hidrofílico	Extracto lipofílico
Cáscara (µmol ET/100g) ¹	191.9 ± 11.01	37.73 ± 0.6
Pulpa (µmol ET/100g) ¹	198.39 ± 4.8	19.03 ± 0.4
Semilla (µmol ET/100g) ¹	98.99 ± 4.4	27.19 ± 0.2
Contenido de otros compuestos bioactivos en la cáscara		
Antocianinas (mg/100g) ²	11.01 ± 0.67	
Polifenoles totales (mg AG/100g) ²	4798.93 ± 242.5	

Quercetin Equivalents; GA: Gallic acid; TE: Trolox equivalents (solution: 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid).
Sources: (1) Cervantes, 2017; (2) Vargas *et al.*, 2019.

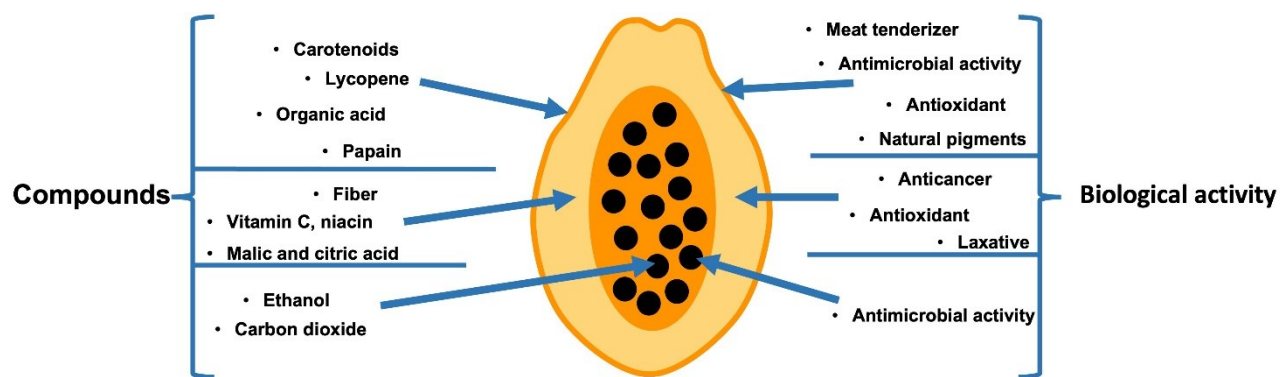


Figura 2. Usos y propiedades benéficas de la papaya (*Carica papaya* L.)

Fuentes: Zeyeda *et al.*, 2008; Gil *et al.*, 2012; Flores *et al.*, 2018; Romero, 2019; Vargas and Vargas *et al.*, 2019.

Figure 2. Uses and beneficial properties of papaya (*Carica papaya* L.)

Sources: Zeyeda *et al.*, 2008; Gil *et al.*, 2012; Flores *et al.*, 2018; Romero, 2019; Vargas and Vargas *et al.*, 2019.

En el caso del zapote mamey se han realizado algunos estudios en donde se ha revelado la presencia de compuestos benzenoides como la lucumina, la lucuminamida y el ácido lucumínico (Takeda *et al.*, 1997).

También se han identificado antioxidantes polifenólicos como el ácido gálico, galocatequina, catequina, epicatequina, dihidromiricetina, catequina-3-O-galato y miricitrina (Tabla 6).

In the case of mamey sapote, some studies have revealed the presence of benzenoid compounds such as lucumin, lucuminamide and lucuminic acid (Takeda *et al.*, 1997).

Polyphenolic antioxidants such as gallic acid, galocatechin, catechin, epicatechin, dihydromyricetin, catechin-3-O-gallate, and myricitrin have also been identified (Table 6).

Tabla 6. Contenido de antioxidantes polifenólicos presentes en el zapote mamey (*Pouteria sapota*)
Table 6. Content of polyphenolic antioxidants present in the mamey sapote (*Pouteria sapota*)

Compound	Mamey sapote (ppm)
gallic acid	170.91 ± 0.53
gallo catechin	172.85 ± 2.21
catechin	75.01 ± 2.67
epicatechin	24.42 ± 0.97
dihydromyricetin	200.77 ± 11.73
catechin-3-O-gallate	80.50 ± 0.81
myricitrin	25.48 ± 3.70

Fuente: Ma *et al.*, 2004

Source: Ma *et al.*, 2004

En otro estudio se realizó el análisis preliminar de carotenoides y compuestos fenólicos de este fruto en donde se detectó la presencia de carotenoides siendo el β -caroteno, el de mayor concentración, además de α y ζ -carotenoides. En cuanto a fenoles se detectó flavonoles (glucósido de quercetina) como el de mayor intensidad, así como también se detectó la presencia de derivados del ácido cinámico y catequinas (Alia *et al.*, 2005).

Por otro lado, se ha realizado la caracterización fitoquímica, en donde se ha determinado la presencia de compuestos fenólicos y carotenoides mediante HPLC. El contenido total de fenoles solubles fue de 28.5 mg/100 g, en donde se identificaron tres ácidos hidroxibenzoicos (p-hidroxibenzoico, protocatequico y gálico), y un flavan-3-ol (epicatequina). El ácido fenólico p-hidroxibenzoico se encontró en la mayor concentración 484 mg/100 g, 1.92 mg/100 g de ácido gálico, 0.78 mg/100 g de epicatequina y 2.08 mg/100 g de protocatequina. También se determinó el contenido total de carotenoides que fue de 3.764 mg/100 g de β -caroteno y 0.087 mg/100 g de luteína con base al peso seco siendo el β -caroteno el principal contribuyente, además de la luteína, y la violaxantina. La concentración de δ -tocoferol fue de 360 μ g/100 g. Se ha demostrado que el ácido gálico se ha asociado con actividades de quimiopreención, antioxidantes y actividades antimicrobianas, por otro lado, se ha visto que el ácido p-hidroxibenzoico demuestra tener una potente actividad antiinflamatoria, también se ha sugerido que la epicatequina es responsable del aumento de la capacidad antioxidante del plasma y la quercetina como agente contra la oxidación de las LDL y el cáncer de pulmón (Yahia *et al.*, 2011).

In another study, the preliminary analysis of carotenoids and phenolic compounds of this fruit was carried out, where the presence of carotenoids was detected, being β -carotene, the one with the highest concentration, in addition to α and ζ -carotenoids. Regarding phenols, flavanols (quercetin glycoside) were detected as the one with the highest intensity, as well as the presence of derivatives of cinnamic acid and catechins (Alia *et al.*, 2005).

On the other hand, the phytochemical characterization has been carried out, where the presence of phenolic compounds and carotenoids has been determined by means of HPLC. The total content of soluble phenols was 28.5 mg/100 g, where three hydroxybenzoic acids (p-hydroxybenzoic, protocatechuic and gallic), and a flavan-3-ol (epicatechin) were identified. Phenolic p-hydroxybenzoic acid was found in the highest concentration 484 mg/100 g, gallic acid 1.92 mg/100 g, epicatechin 0.78 mg/100 g and protocatechin 2.08 mg/100 g. The total content of carotenoids was also determined, which was 3.764 mg/100 g of β -carotene and 0.087 mg/100 g of lutein based on dry weight, with β -carotene being the main contributor, in addition to lutein and violaxanthin. The concentration of δ -tocopherol was 360 μ g/100 g. Shown that gallic acid has been associated with chemoprevention, antioxidant, and antimicrobial activities, otherwise, it has been seen that p-hydroxybenzoic acid has a potent activity anti-inflammatory, it has also been suggested that epicatechin is responsible for increasing the antioxidant capacity of plasma and quercetin as an agent against LDL oxidation and lung cancer (Yahia *et al.*, 2011).

En un estudio más reciente se detectaron 22 carotenoides diferentes, entre ellos el β -caroteno (23.3%), α -criptoxantina (2.6%) y β -caroteno-5,6-epóxido (4.1%); además, se detectó la presencia de 10 diésteres diferentes de zeaxantina (42.9%), incluyendo ésteres con ácidos grasos insaturados. Además, demostraron que la zeaxantina también puede esterificarse con ácidos grasos monoinsaturados. Por lo tanto, debe considerarse su potencial de provitamina A en la dieta (Figura 3) (Murillo *et al.*, 2013).

In a more recent study, 22 different carotenoids were detected, including β -carotene (23.3%), α -cryptoxanthin (2.6%) and β -carotene-5,6-epoxide (4.1%); in addition, the presence of 10 different diesters of zeaxanthin (42.9%) was detected, including esters with unsaturated fatty acids. Furthermore, they showed that zeaxanthin can also be esterified with monounsaturated fatty acids. Therefore, its provitamin A potential in the diet (Figure 3) (Murillo *et al.*, 2013).

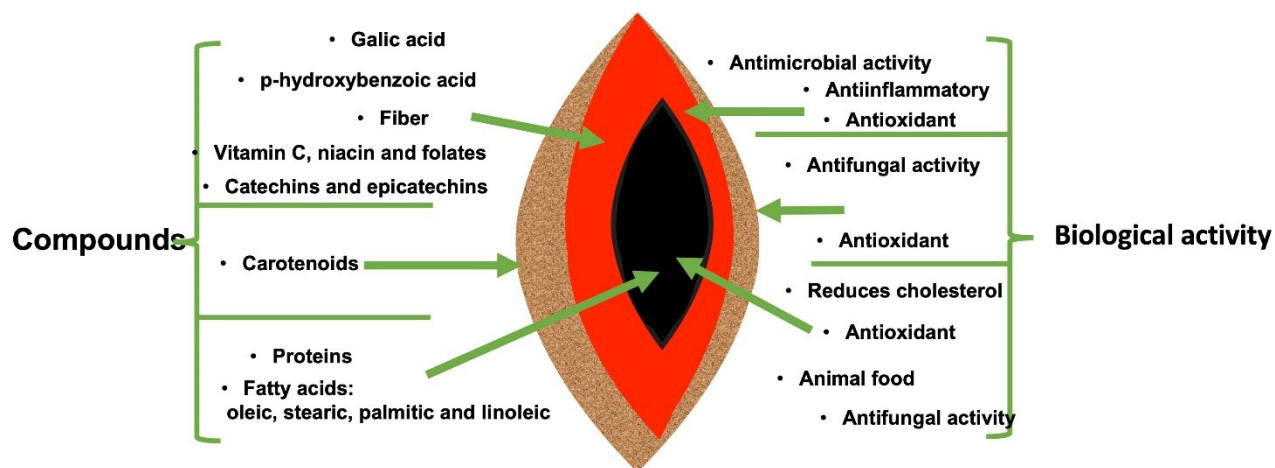


Figura 3. Usos y propiedades benéficas del zapote mamey (*Pouteria sapota*)

Fuentes: Alia-Tejacal *et al.*, 2005; Yahia *et al.*, 2011; Murillo *et al.*, 2013; Bernardino-Nicanor *et al.*, 2014; Velázquez *et al.*, 2015; Cano-Monge *et al.*, 2020; González-Peña *et al.*, 2021; Rodríguez y Martínez, 2022.

Figure 3. Uses and beneficial properties of zapote mamey (*Pouteria sapota*)

Sources: Alia *et al.*, 2005; Yahia *et al.*, 2011; Murillo *et al.*, 2013; Bernardino *et al.*, 2014; Velázquez *et al.*, 2015; Cano *et al.*, 2020; González *et al.*, 2021; Rodríguez and Martínez, 2022.

APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS Y RESIDUOS

Las partes del pepino que tradicionalmente se utilizan son las hojas, flores, semillas, frutos y corteza. Los desechos generados a partir de las cáscaras de pepino o las rodajas enteras como desecho o desperdicio se subutilizan y representa una fuente potencial de celulosas, hemicelulosas, pectinas, proteínas, ácidos grasos, lignina, almidón, entre otros (Oleszek *et al.*, 2016).

En cuanto a la papaya, la utilización de las partes de este fruto, se han centrado en la obtención de combustibles, de saborizantes y compuestos aplicables a la industria de alimentos y de pesticidas entre otras. Asimismo, la utilización de residuos agroindustriales, como materia prima de bajo costo para obtener productos químicos finos, como polifenoles, ácidos grasos, enzimas y productos con aplicaciones cosméticas como shampoo y ungüentos (Vargas *et al.*, 2019). En el caso del zapote mamey genera residuos de gran potencial como fuente de materias primas para la elaboración de diferentes productos que actualmente están siendo evaluados científica, técnica y económicamente. El

USE OF BY-PRODUCTS AND WASTE

The parts of the cucumber that are traditionally used are the leaves, flowers, seeds, fruits, and bark. The waste generated from cucumber peels or whole slices as waste or waste is underutilized and represents a potential source of cellulose, hemicellulose, pectin, protein, fatty acids, lignin, starch, among others (Oleszek *et al.*, 2016).

As for papaya, the use of parts of this fruit has focused on obtaining fuel, flavorings, and compounds applicable to the food and pesticide industries, among others. Likewise, the use of agro-industrial waste, as a low-cost raw material to obtain fine chemical products, such as polyphenols, fatty acids, enzymes, and products with cosmetic applications such as shampoo and ointments (Vargas *et al.*, 2019).

In the case of the mamey sapote, it generates waste with great potential as a source of raw materials to produce different products that are currently being scientifically, technically and economically evaluated. According to the results of a study, the mamey sapote contains around 30% of residue portions. In ripe and unripe fruits, the peel represents about 16% and the seed about 14% of the whole fruit. The seed is

zapote mamey contiene alrededor de un 30% de porciones de residuos. En los frutos maduros e inmaduros, la cáscara representa alrededor del 16% y la semilla alrededor del 14% de la fruta entera. La semilla es de gran interés principalmente por su composición lipídica (35-49%) y proteica (16.9%), tiene un alto contenido de aceite incluso en sus primeras etapas de madurez fisiológica. Este aceite ha sido apreciado y utilizado en las regiones productoras en la medicina tradicional y en aplicaciones cosméticas, pero actualmente su uso comercial es aún incipiente (Bernardino *et al.*, 2014, Solís *et al.*, 2015). Sathya *et al.* (2018), informaron la obtención de un extracto acuoso de la hoja del árbol, rico en fitoquímicos, con actividad antioxidante y actividad anticancerígena significativa contra las líneas celulares de cáncer de mamá MCF-7 probadas. También se han evaluado métodos de extracción de los aceites de la semilla usando enzimas en lugar de solventes donde se evaluó el efecto del pretratamiento enzimático con Viscozyme L sobre el rendimiento en la extracción de aceite obtenido de la semilla del zapote mamey (Tascias *et al.*, 2021). En el campo de la Biotecnología se podría empezar a estudiar la obtención de licor a partir de este fruto; ya que se ha realizado la elaboración de licor a partir de otra especie de mamey; el mamey amarillo (*Mammea americana*) por el método de maceración (Barba, 2014). Todos son una fuente importante de ingredientes bioactivos que pueden tener actividad biológica como se muestra en la **Tabla 7**.

of great interest mainly for its lipid (35-49%) and protein (16.9%) composition, it has a high oil content even in its early stages of physiological maturity. This oil has been appreciated and used in the producing regions in traditional medicine and cosmetic applications, but currently its commercial use is still incipient (Bernardino *et al.*, 2014, Solís *et al.*, 2015). Sathya *et al.* (2018), reported obtaining an aqueous extract of the tree leaf, rich in phytochemicals, with antioxidant activity and significant anticancer activity against MCF-7 breast cancer cell lines tested. Extraction methods of seed oils using enzymes instead of solvents have also been evaluated where the effect of enzymatic pretreatment with Viscozyme L on the yield in the extraction of oil obtained from mamey sapote seed was evaluated (Tascias *et al.*, 2021). In the field of biotechnology, it would be possible to start studying the obtaining of liquor from this fruit; since the elaboration of liquor from another mamey species, the yellow mamey (*Mammea americana*) by the maceration method, has been done (Barba, 2014). They are all important sources of bioactive ingredients that may have biological activity as shown in **Table 7**.

Tabla 7. Aprovechamiento de residuos del pepino (*Cucumis sativus* L.), papaya (*Carica papaya* L.) y zapote mamey (*P. sapota*)
Table 7. Use of by-products and residues from cucumber (*Cucumis sativus* L.), papaya (*Carica papaya* L.) and mamey sapote (*P. sapota*)

Subproducto o residuo	Proceso	Beneficio	Referencia
Pepino			
Cáscara	Sustratos de fermentación	Obtención de bioproteína para alimentación animal y para consumo humano	Khan <i>et al.</i> , 2021
	Obtención de extractos por método químico	Obtención de antioxidantes naturales para alimentos procesados	Sonia <i>et al.</i> , 2016
	Sustrato de fermentación con <i>S. cerevisiae</i>	Obtención de proteína unicelular	Mondal <i>et al.</i> , 2012

	Extracción de nanocristales de celulosa por tratamiento ácido/alcalino	de de por	Uso como posible nanorelleno en la fabricación de biocompuestos.	Prasanna y Mitra, 2020
Tallos, hojas, frutos de desecho	Secado		Obtención de biomasa residual como fuente potencial de proteína para la alimentación de rumiantes	Monterola y Cerda, 2018

Papaya

Semillas	Extracción supercrítica de aceite		ácidos grasos: ácido oleico y en menor proporción los ácidos grasos: palmítico, linoleico, esteárico, palmitoleico, láurico, linolénico y mirístico y escualeno	Dorado <i>et al.</i> , 2017
	Alta Presión Hidrostática		Extracción del aceite principalmente ácido oleico; Obtención compuestos bioactivos tales como flavonoides, glucósidos, lignanos, feniletanol, alcaloides, etc.	Briones <i>et al.</i> , 2015.
	Campos eléctricos pulsados		Obtención de compuestos fenólicos e isocianatos	Parniakov <i>et al.</i> , 2015.
Cáscara	Campos eléctricos pulsados		Obtención de fenoles y distintas proteínas	Parniakov <i>et al.</i> , 2014
	Horno de microondas		Obtención de papaína	Gil <i>et al.</i> , 2012
	Esterilización		Obtención de prebiótico	Jované, 2019
Cáscara, pulpa y semilla	extracción asistida con ultrasonido		obtención de polifenoles, flavonoides	Rodríguez de Stouvenel, 2019.

Mamey zapote

Pulpa	Destilación		Benzaldehído (21.5%), hexanal (12.7%) y el ácido hexadecanoico (12.7%)	Pino <i>et al.</i> , 2006
	Secado y tamizado de la pulpa		Fibra comestible	Altamirano, 2020

Semilla	Transesterificación alcalina de aceite crudo de almendras del zapote mamey	Obtención de biocombustibles como el biodisel	Laiz <i>et al.</i> , 2009
	Extracción enzimática acuosa de aceite después del tratamiento con Viscozyme L	Aceite	Fascias <i>et al.</i> , 2021
	Aislado proteico de alta pureza a partir de una harina desengrasada obtenida como subproducto durante la extracción de aceites de la semilla	glutelinas (57.25%) prolaminas (18.65%) albúminas (17.85%) globulinas (6.25%)	Bernardino <i>et al.</i> , 2014
Cáscara	Variante adaptada del proceso Druvacell®	Síntesis de carboximetilcelulosa con propiedades similares a una CMC comercial.	Juárez <i>et al.</i> , 2011

CASOS DE ÉXITO Y PERSPECTIVAS

Actualmente en varios estados del país se utilizan los residuos orgánicos para obtener energía y composta. El gobierno de la Ciudad de México y la empresa Sustentabilidad, Energía y Medio Ambiente (Suema) construyeron en 2017 una unidad de producción de biogas y un biodigestor a partir de residuos sólidos orgánicos previamente triturados el cual procesa mediante biodigestión anaerobia desechos de nopal y otros vegetales provenientes de los mercados de abasto popular, así como de los 300 productores y distribuidores de nopal y verduras ubicado en el Centro de Acopio Nopal Verdura de Milpa Alta útiles para la generación de energía eléctrica, composta (biodigestato) y agua (Notimex, 2017).

La planta procesadora ubicada en la alcaldía de Iztapalapa en la CDMX utiliza los residuos sólidos de frutas y verduras, en el aprovechamiento integral de estos por el tratamiento de co-digestión aerobia para la producción de energía como biogás (Briones, 2020) y en la generación de composta por transformación de biodigestión por parte de Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA), la cual recoge los residuos de la CEDA (SEDEMA, 2019).

A partir de 2020, en el estado de Jalisco el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ) Unidad Zapopan, utilizan los residuos generados de frutas y cereales de la agroindustria, como medios de cultivo para la producción de aceites microbianos, proteína unicelular y recuperación de compuestos antioxidantes. Diferentes estrategias biotecnológicas pueden ser utilizadas para la producción y extracción de moléculas a partir de la producción de biomasa,

SUCCESS TRAILS AND PERSPECTIVES

Currently in several states of the country, organic waste is used to obtain energy and compost. The government of Mexico City and the company Sustentabilidad, Energía y Medio Ambiente (Suema) built in 2017 a biogas production unit and a biodigester from previously shredded organic solid waste which processes through anaerobic biodigestion nopal waste and other vegetables from popular supply markets, as well as from the 300 producers and distributors of nopal and vegetables located in the Nopal Verdura Collection Center of Milpa Alta useful for the generation of electricity, compost (biodigestate) and water (Notimex, 2017).

The processing plant located in the municipality of Iztapalapa in CDMX uses solid waste from fruits and vegetables, in the integral use of these by aerobic co-digestion treatment for the production of energy as biogas (Briones, 2020) and in the generation of compost by biodigestion transformation by Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA), which collects waste from the CEDA (SEDEMA, 2019).

As of 2020, in the state of Jalisco, the Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ) Zapopan Unit, uses the residues generated from fruits and cereals of the agroindustry, as culture media for the production of microbial oils, unicellular protein and recovery of antioxidant compounds. Different biotechnological strategies can be used for the production and extraction of molecules from biomass production, the residues can be used directly after pretreatments or extractions that allow the release of sugars and bioactive compounds present in the residues by chemical means or with the use of enzymes that break the bonds of the

, los residuos pueden ser utilizados directamente después de pretratamientos o extracciones que permiten liberar los azúcares y compuestos bioactivos presentes en los residuos por medios químicos o con la utilización de enzimas que rompen los enlaces de las membranas y paredes celulares liberando azúcares y compuestos bioactivos con altos rendimientos de conversión (Casas y Barrera, 2021).

Otro ejemplo de aprovechamiento de residuos provenientes del camarón es la obtención de quitina y quitosano que se aplica en la elaboración de un recubrimiento para la conservación de frutas y hortalizas (Villafán, 2015).

CONCLUSIÓN

La revisión anterior demuestra que existen diversos compuestos bioactivos con efectos en la salud humana. Los residuos y subproductos obtenidos de estos cultivos se deben caracterizar para llevar a cabo estudios sobre la estabilidad de los productos obtenidos y sus posibles aplicaciones en las áreas de medicina, industria alimenticia y farmacéutica. Tanto la alta presión hidrostática como los campos eléctricos pulsados son tecnologías emergentes con un porvenir prometedor en la revalorización de los subproductos de la industria alimentaria. La extracción de estos compuestos bioactivos tienen gran importancia ya que se pueden obtener alimentos funcionales, aditivos y complementos alimentarios, los cuales tienen efectos positivos en la salud, tales como prevenir y complementar tratamientos en diversas patologías como la enfermedad cardiovascular, diabetes, cáncer, etc. La búsqueda de fuentes de sustancias bioactivas puede ser importante y los subproductos procedentes de la industria de alimentos son una fuente prometedora de estas. Además, la industria alimentaria genera una gran cantidad de residuos, lo que supone un gran impacto medioambiental, y su eliminación tiene un costo alto debido a la alta demanda bioquímica que implica este proceso.

membranes and cell walls releasing sugars and bioactive compounds with high conversion yields (Casas y Barrera, 2021).

Another example of the use of shrimp waste is the production of chitin and chitosan, which is applied in the preparation of a coating for the preservation of fruits and vegetables (Villafán, 2015).

CONCLUSION

The previous review shows that there are several bioactive compounds with effects on human health. The residues and by-products obtained from these crops must be characterized in order to carry out studies on the stability of the products obtained and their possible applications in the areas of medicine, food and pharmaceutical industries. Both high hydrostatic pressure and pulsed electric fields are emerging technologies with a promising future in the revaluation of by-products from the food industry. The extraction of these bioactive compounds is important since functional foods, additives and food supplements can be obtained, which have positive effects on health, such as preventing and complementing treatments in different pathologies such as cardiovascular disease, diabetes, cancer, etc. The search for sources of bioactive substances can be important and by-products from the food industry are a promising source of these. In addition, the food industry generates a large amount of waste, which has a great environmental impact, and its elimination has a high cost due to the high biochemical demand that this process implies.

REFERENCIAS

- Achu, M.B., Fokou, E., Tchiegang, C., Fotso, M. and Tchouanguep, M.F. 2008. Atherogenicity of *Cucumeropsis mannii* and *Cucumis sativus* oils from Cameroon. *African Journal Food Science*, 2:021–025.
- Agarwal, M., Kumar, A., Gupta, R. and Upadhyaya, S. 2012. Extraction of polyphenol, flavonoid from *Embliba officinalis*, Citrus limon, *Cucumis sativus* and evaluation of their antioxidant activity. *Oriental Journal of Chemistry*, 28: 993-998.
- Aguilar-Gutiérrez, G. 2014. Grupo técnico de pérdidas y mermas de alimentos en México. Recuperado el 11 de enero de 2019, de FAO: Disponible en: <https://www.slideshare.net/FAOoftheUN/genaro-aguilar-mexico>.
- Alia-Tejagal, I.A., Soto-Hernández, R.M., Colinas-León, M.T. y Martínez-Damián, M.T. 2005. Análisis preliminar de carotenoides y compuestos fenólicos en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn. *Revista Chapingo serie Horticultura*, 11(2): 225-231.
- Altamirano-Litardo, K.A. 2020. Tesis para obtener el título de Ingeniera Agrícola. *Extracción de fibra comestible a partir de la pulpa de zapote (Pouteria sapota)*. Universidad Agraria del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Barba Loor, E.E. 2014. Tesis de grado. *Elaboración de licor de mamey (Mammea americana) por el método de maceración para la aplicación en el área de Mixiología, Riobamba 2013*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Salud Pública. Escuela de Gastronomía.
- Belmonte-Herrera, B.H., Domínguez-Avila, J.H., Wall-Medrano, A., Ayala-Zavala, J.F., Preciado-Saldaña, A.M., Salazar-López, N.J., López-Martínez, L.X., Yahia, E.H., Robles-Sánchez, R.M. and González-Aguilar, G.A. 2022. Lesser-Consumed Tropical Fruits and Their by-Products: Phytochemical Content and Their Antioxidant and Anti-Inflammatory Potential. *Nutrients*, 14(3663): 1-21.
- Bernardino-Nicanor, A., Bravo-Delgado, C.H., Vivar-Vera, G., Martínez-Sánchez, C.E., Pérez-Silva, A., Rodríguez-Miranda, J. and Vivar-Vera, M.A. 2014. Preparation, composition, and functional properties of a protein isolate from a defatted mamey sapote (*Pouteria sapota*) seed meal. *CyTA – Journal of Food*, 12(2): 176–182.
- Briones, C. 2020. Tesis de Maestría. *Evaluación del aprovechamiento integral de los residuos sólidos de las centrales de abasto en áreas metropolitanas de Latinoamérica*. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Briones-Labarca, V., Plaza-Morales, M., Giovagnoli-Vicuna, C., Jamett, F. 2015. High hydrostatic pressure and ultrasound extractions of antioxidant compounds, sulforaphane and fatty acids from chilean papaya (*Vasconcellea pubescens*) seed: Effects of extraction conditions and methods. *Food Science and Technology*, 60: 525-534.
- Cano-Monge, S.M., Cano-Monge, E.E., Escobedo-Avellaneda, Z., Salas-Salazar, N.A., y Soto-Caballero, M.C. 2020. Propiedades nutricionales y funcionales del mamey. *HortiCultivos*. <https://www.horticultivos.com/secciones/cultivos/>
- CCA. 2021. Central de abasto de la ciudad de México (CEDA). comprensión de la pérdida y el desperdicio de alimentos en el mercado más grande del mundo.
- Casas G.L y Barrera M.I. 2021. Revalorización de residuos agroindustriales: Caso Jalisco. <http://www.ciatej.mx/el-ciatej/comunicación/Noticias/Revalorización-de-residuos-agroindustriales--Caso-Jalisco/194>
- Cervantes, R. 2017. Tesis Maestría. Caracterización física, química, fisicoquímica y de capacidad antioxidante de partes estructurales de papaya (*Carica papaya L.*). México: Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Chávez G.O. 2019. La Central de Abasto de México. Centro Neurálgico del Comercio. Disponible en: <https://estrategiaaduanera.mx>.
- Dorado, D.J., Hurtado, A.M., and Martínez-Correa, H.A. 2017. Extracción supercrítica de aceite de semillas de papaya (*Carica papaya*): Composición y propiedades fisicoquímicas. *Vitae*, 24 (2): 35–45.
- Flores, J.D., Niño, M.G., Báez, J.G., García-Alanís, K., Gallardo, R.C., Castillo, S.L. 2018. Evaluación antimicrobiana, antioxidante y composición nutricia de subproductos bioprocesados de *Carica papaya L.* *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3: 145 -150.
- Gil, G., Bedoya, M., Millán, C., y Benavides, P. 2012. Papaina extraída a partir de la cáscara de la papayuela perteneciente a la especie (*Carica papaya L.*) por medio de microondas con aplicación en el ablandamiento de carne bovina. *Journal of Engineering and Technology*, 1 (2): 8 - 15.
- González-Peña, M.A, Lozada-Ramírez, J.D. and Ortega-Regules, A.E. 2021. Carotenoids from mamey (*Pouteria sapota*) and carrot (*Daucus carota*) increase the oxidative stress resistance of *Caenorhabditis elegans*. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 26,100989.
- Hernández-Madrugal, J.V., Barragán-Vázquez, F.J., Calvo-Carrillo, M.C., Aguilar-Medina, E.D. 2020. Determinación de compuestos bioactivos en papaya (*Carica papaya L.*, CV. Maradol) en el estado de Colima en dos estados de madurez. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, (5): 239-243.

- HLPE. 2014. Las pérdidas y el desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. Roma.
- Ibitoye, O.B., Uwazie, J.N. and Ajiboye, T.O. 2018. Bioactivity-guided isolation of kaempferol as the antidiabetic principle from *Cucumis sativus* L. fruits, *Journal of Food Biochemistry*, Blackwell Publishing Ltd, 42 (4). <https://doi.org/10.1111/jfbc.12479>.
- Insanu, M., Rizaldy, D., Silviani, V. and Fidrianny, I. 2022. Chemical compounds and pharmacological activities of cucumis genus, *Biointerface Research in Applied Chemistry*, AMG Transcend Association, 15 February.
- ITACATE Centro de Acopio y Recuperación de Alimentos. 2022. Disponible en: <https://ficeda.com.mx/itacate>.
- Jované, G. 2019. Tesis de Licenciatura. *Efecto de un biopreparado de cáscaras de frutas en el crecimiento de Lactobacillus casei y evaluación antagónica contra bacterias patógenas*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Juárez-Barrientos, J.M., Ramírez-Rivera, E.J., Ramírez-Figueroa, E., Ramón-Canul, L.G. y Rodríguez-Miranda, J. 2011. Aplicación y comparación de pretratamientos totalmente libres de cloro en residuos de piña (*Ananas comosus*) y zapote mamey (*Pouteria sapota*) para la obtención de carboximetilcelulosa. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2 (1): 108-126.
- Khan, A.R., Ahmad, B., Khan, S.A., Sultana, K. and Hassan, S. 2021. Utilization of potato and cucumber peels in producing single-cell protein by *Aspergillus parasiticus* nrr1 21369", *Bioscience Research*, 18 (4): 2845–2850.
- Kuyu, Ch.G. 2015. Review on potential use of fruit and vegetables by-products as a valuable source of natural food additives. *Food Science and Quality Management*, 45: 47-61.
- Lans, Ch., Harper, T., Georges, K. and Bridgewater, E. 2000. Medicinal plants used for dogs in Trinidad and Tobago. *Preventive Veterinary Medicine*, 45: 201-220.
- López, G y Sarango, T. 2022. Tesis de Licenciatura. Estudio bibliográfico de las propiedades fisicoquímicas, actividad antimicrobiana y efecto antiparasitario de la semilla de papaya (*Carica papaya*). Honduras: Universidad de Guayaquil.
- Ma, J., Yang, H., Basile, M.J. and Kennelly, E. J. 2004. Analysis of Polyphenolic Antioxidants from the Fruits of Three *Pouteria* Species by Selected Ion Monitoring Liquid Chromatography–Mass Spectrometry. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 52: 5873–5878.
- Maynard, D. & Maynard, D. 2000. Cucumbers, Melons, and Watermelons. In K. Kiple & K. Ornelas (Eds.), *The Cambridge World History of Food* (pp. 298-313). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CHOL9780521402149.032.
- Monterola, H. y Cerda, D. 2018. Utilización de residuos y subproductos de frutas de zonas templadas en la alimentación animal. Disponible en: <https://engormix.com>.
- Martínez, C. 2022. Usos del mamey. Propiedades medicinales del mamey. [en línea] disponible en <https://www.botanical-online.com/plantas-medicinales/mamey-propiedades-caracteristicas> [consulta: 08 noviembre 2022].
- Medical News Today. 2021. ¿Cuáles son los beneficios de la papaya en la salud? [en línea] disponible en <https://www.medicalnewstoday.com/articles/es/fruta-de-papaya#nutricion> [consulta: 08 noviembre 2022].
- Mier-González, J., Nájera, A. F., Meneses-Mayo, M., Valadez-Carmona, L., Jacinto, P. P. & Ortega, M.H. 2020. Determinación del Contenido de Polifenoles, Actividad Antioxidante y Composición Proximal de la Cáscara de Pepino. REDCieN Ciencia y Nutrición. In *Revista digital RED CieN*, 3 (15): 60-65.
- Mondal A.K, Sengupta, S., Bhowal, J., Bhattacharya, D.K. 2012. Utilization of Fruit Wastes in Producing Single Cell Protein. *International Journal of Science Environmental and Technology*, 1(5): 430-438.
- Moo-Huchin, V., Estrada-Mota, I., Estrada-León, R., Cuevas-Glory, L.F. and Sauri-Duch, E. 2013. Chemical composition of crude oil from the seeds of pumpkin (*Cucurbita spp.*) and mamey sapota (*Pouteria sapota* Jacq.) grown in Yucatan, Mexico. *CyTA-Journal of Food*, 11(4): 324-327.
- Mukherjee, P.K., Nema, N.K., Maity, N. and Sarkar, B.K. 2013. Phytochemical and therapeutic potential of cucumber, *Fitoterapia*, 84: 227-36.
- Murillo, E., Giuffrida, D., Menchaca, D., Dugo, P., Torre, G., Meléndez-Martínez, A.J. and Mondello, L. 2013. Native carotenoids composition of some tropical fruits, *Food Chemistry*, 140 (4): 825-36.
- Nasrin, F., Jahan B.I., Aktar, F. and Rashid, M.A. 2015. Anti-Inflammatory and Antioxidant Activities of *Cucumis Sativus* Leaves, *Bangladesh Pharmaceutical Journal*, 18.
- Notimex. 2017. Milpa Alta abre planta de residuos orgánicos que iluminará viviendas. En: <https://obras.expansion.mx/soluciones/2017/05/25/milpa-alta-abre-planta-de-residuos-organicos-que-iluminara-viviendas>
- Oleszek, M., Tys J., Wiacek, D., Krol, A., Kuna, J. 2016. The Possibility of Meeting Greenhouse Energy CO₂ Demands Through Utilization of Cucumber and Tomato Residues. *Bioenergy Research*, 9: 624-632.
- Parniakov, O., Barba, F.J., Grimi, N., Lebovka, N., Vorobiev, E. 2014. Extraction assisted by pulsed electric energy and high voltage electrical discharges on extraction of high-added value compounds from papaya peels. *Food Research International*, 65: 337-343.

- Pino, J.A., Marbot, R., Sauri, E. and Zumárraga C. 2006. Volatile Components of Sapote [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore et Stern] Fruit. *Journal Essential Oil Research*, 18: 22-23.
- Prasanna, N.S. and Mitra, J. 2020. Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from *Cucumis sativus* peels. *Carbohydrate Polymers*, 247, 116706.
- Rodríguez de Stouvenel, A., Vallejo, C. Catillo, V. 2019. Informe de Investigación. *Extracción y purificación de compuestos bioactivos presentes en el fruto de papaya mediante las tecnologías de extracción y adsorción*. Colombia: Universidad del Valle.
- Rodríguez-Romero, V.M. y Martínez-Ramírez, N. 2022. Actividad antifúngica de residuos de mamey contra *Alternaria spp.* *Pädi*, 1-4.
- Romero, G.L. 2019. Tesis Doctoral. *Aprovechamiento integral y agregación del valor del fruto de papaya (Carica papaya L.) cv. Maradol con base en el potencial de compuestos bioactivos y actividad antioxidante*. Veracruz, Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.
- SAGARPA. El mamey de Yucatán con buena posición a nivel nacional. 20 de junio de 2018. <https://www.gob.mx/agricultura/7Cyucatan/articulos/el-mamey-de-yucatan-con-buena-posicion-a-nivel-nacional>
- SAGARPA. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Atlas Agroalimentario 2021. 11 de octubre de 2022.
- Sahu, T. and Sahu, J. 2015. *Cucumis sativus* (Cucumber): A Review on its Pharmacological Activity, *Journal of Applied Pharmaceutical Research*, 3 (1): 4-9.
- Sathya-Prabhua, D., Panneer-Selvamb, A., and Devi-Rajeswaria, A. 2018. Effective anti-cancer property of *Pouteria sapota* leaf on breast cancer cell lines. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 15: 39-44.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. El mamey una fruta exótica. 27 de noviembre de 2020. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-mamey-una-dulce-fruta-exotica>
- Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México SEDEMA. 2019. *Inventario de residuos sólidos de la Ciudad de México 2019*. Ciudad de México: SEDEMA.
- Shang, Y., Ma, Y., Zhou, Y., Zhang, H., Duan, L., Chen, H., Zeng, J., et al. 2014. Biosynthesis, regulation, and domestication of bitterness in cucumber, *Science*, American Association for the Advancement of Science, Vol. 346 No. 6213: 1084-1088.
- Shreyasi, H., Suchandra, D., Kasi, L.K. 2022. Evaluation of phytochemical content and *in vitro* antioxidant properties of methanol extract of *Allium cepa*, *Carica papaya* and *Cucurbita maxima blossoms*. *Food Chemistry Advances*, 1, 100104.
- Solís-Fuentes, J.A., Ayala-Tirado, R.C., Fernández-Suárez, A.D. and Durán de Bazúa, M.C. 2015. Mamey sapote seed oil (*Pouteria sapota*). Potential, composition, fractionation, and thermal behavior. *Grasas y Aceites*, 66 (1).
- Sonia, N.S., Mini, C. and Geethalekshmi, P.R. 2016. Vegetable peels as natural antioxidants for processed foods – A review, *Agricultural Reviews*, Agricultural Research Communication Center, 37 (1).
- Sotiroudis, G., Melliou, E., Sotiroudis, T.G. and Chinou, I. 2010. Chemical analysis, antioxidant and antimicrobial activity of three Greek cucumber (*Cucumis sativus*) cultivars, *Journal of Food Biochemistry*, 34 Suppl. 1: 61-78.
- Tabla de Composición de Alimentos y Productos Alimenticios Mexicanos (versión condensada 2015), INCMNSZ (Instituto de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, México. https://www.incmnsz.mx/2019/TABLAS_ALIMENTOS.pdf
- Tascias-Pascacio, V.G., Rosales-Quintero, A., Rodrigues, R.C., Castañeda-Valbuena, D., Díaz-Suarez, P.F., Torrestiana-Sánchez, B., Jiménez-Gómez, E.F. and Fernandez-Lafuente, R. 2021. Aqueous Extraction of Seed Oil from Mamey Sapote (*Pouteria sapota*) after Viscozyme L Treatment. *Catalysts*, 11: 748.
- Takeda, T., Gonda, R. and Hatano, K. 1997. Constitution of lucumin and its related glycosides from *Calocarpum sapota* Merrill. *Chemical Pharmaceutical Bulletin*, 45: 697-699.
- Tuama, A.A. and Mohammed, A.A. 2019. Phytochemical screening and *in vitro* antibacterial and anticancer activities of the aqueous extract of *Cucumis sativus*, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26 (3): 600-604.
- Uzuazokaro, M.M.A., Okwesili, F.C.N. and Chioma, A.A. 2018. Phytochemical and proximate composition of cucumber (*Cucumis sativus*) fruit from Nsukka, Nigeria, *African Journal of Biotechnology*, 17 (38): 1215-1219.
- Vargas and Vargas, M.L., Figueroa, B.H. A., Toledo, L.V.M., Moo, H.V.M. 2019. Aprovechamiento de cáscaras de frutas. Análisis nutricional y compuestos bioactivos. *Ciencia ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, *Ciencia ergo-sum*, 26 (2): 1-11.
- Velasco, A.V.A. Sotelo, B.J.E., Ordoñez, S.L.E. and Hleap, Z.J.I. 2019. Caracterización de los componentes funcionales de la harina de epicarpio de papaya (*Carica papaya L*) como fuente de pigmentos naturales. *Respuestas*, 24(2): 39-48.

- Velázquez-Paulín, K., Alvarado-Sánchez, B., y Reyes-Munguía, A., 2015. Historia del mamey *Pouteria sapota*. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2: 55-63.
- Villafan, A. 2015. Desarrollan bioproceso a base de desperdicios de camarón. *Cienciamx.Noticias*. www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/biotecnologia/2526-desarrollan-en-la-uam-bioproceso-a-base-de-despercios-de-camaron
- Villegas-Monter, A., Escobar-Sandoval, C.M., Arrieta-Ramos, G., and Berdeja-Arbeu, R. 2016. Zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) Moore and Stearn], Diversidad y usos. *Agroproductividad*, 9(4): 47-54.
- Wettimuny, D., Uthpala, T.G.G., Marapana, R.A.U.J., Lakmini, K.P.C. and Wettimuny, D.C. 2020. Nutritional Bioactive Compounds and Health Benefits of Fresh and Processed Cucumber (*Cucumis sativus L.*), *Sumerianz Journal of Biotechnology*, 3 (9): 2617–3123.
- Yahia, E. M., Gutiérrez-Orozco, F. and Arvizu-de Leon, C. 2011. Phytochemical and antioxidant characterization of mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H.E. Moore and Stearn) fruit. *Food Research International*, 44: 2175–2181.
- Zeyada, N.N., Zeitoun, M.A.M. and Barbary, O.M. 2008. Utilization of some vegetables and fruits waste as natural antioxidants. *Alex. Journal Food Science andTechnology*, 5: 1-11.