



Mango (*Mangifera indica* L.) pulping byproducts: Antioxidant activity and bioactive compounds of three mango cultivars.

Subproductos del despulpado de mango (*Mangifera indica* L.): Actividad antioxidante y compuestos bioactivos de tres cultivares de mango.

Sumaya-Martínez, M. T.¹ , Medina-Carrillo, R. E.² , González-Ocegueda, E.³ , Jiménez-Ruiz, E. I.¹ , Balois-Morales, R.¹ , Sánchez-Herrera, L. M.¹ , López-Nahuatt, G.³ .

Universidad Autónoma de Nayarit, ¹Secretaría de Investigación y Posgrado, ²Unidad Académica de Ciencias Químico Biológicas y Farmacéuticas, Ciudad de la Cultura S/N, Col. Centro, C.P. 63000. Tepic, Nayarit; México. ³Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Tepic-Compostela km. 9. C.P. 63780. Xalisco, Nayarit; México.

Cite this paper/Como citar este artículo: Sumaya-Martínez, M., Medina-Carrillo, R. E., González-Ocegueda, E., Jiménez-Ruiz, E. I., Balois-Morales, R., Sánchez-Herrera, L. M., López-Nahuatt, G. (2019). Mango (*Mangifera indica* L.) pulping byproducts: antioxidant activity and bioactive compounds of three mango cultivars antioxidant activity by-products of mango. *Revista Bio Ciencias* 6, e560. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e560>



ABSTRACT

Obtaining an industrial agricultural product implies waste or sub-product generation that represents an environmental problem. Because of inadequate management, sub-products are thrown to dumpsters, producing methane, one of the main greenhouse gases during their decomposition process, besides being a source of carbon for microorganism proliferation. These sub-products are generated in large volumes at national level, and only is a minimal part reused in the production of low value-added animal feed. Mango fruit sub-products (skin, seed, and pulp adhered to both) constitute from 35 to 60 % of fruit total weight, which have been reported to have an important concentration of bioactive compounds; particularly important are polyphenols, carotenoids, vitamins A, C and E, which could be high value-added ingredients of growing

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: September 10th 2018.

Accepted/Aceptado: March 27th 2019.

Available on line/Publicado: April 12nd 2019.

RESUMEN

La obtención de un producto agroindustrial conlleva la generación de desechos o subproductos que representan un problema ambiental, ya que no se cuenta con políticas adecuadas para su manejo, son arrojados a los basureros y durante su proceso de descomposición producen metano que es uno de los principales gases de efecto invernadero, además de ser fuente de carbono para la proliferación de microorganismos. Estos subproductos son generados en grandes volúmenes a nivel nacional y sólo una mínima parte es reutilizada en la producción de alimento animal de bajo valor agregado. Los subproductos del procesamiento del fruto del mango (cáscara, semilla y pulpa adherida a ambas) constituyen de un 35 a 60 % del peso total del fruto. Se ha reportado que en estos subproductos existe una importante concentración de compuestos bioactivos, en particular polifenoles, carotenoides, vitaminas A, C y E, los cuales podrían ser un ingrediente de alto valor agregado para la industria alimentaria donde existe un creciente interés en la sustitución de antioxidantes sintéticos por antioxidantes naturales. El objetivo de esta investigación fue evaluar la actividad antioxidante y la concentración de algunos compuestos bioactivos de los subproductos del despulpado de tres cultivares de mango.

*Corresponding Author:

María Teresa, Sumaya-Martínez. Ciudad de la Cultura S/N, Boulevard Tepic-Xalisco S/N. C.P. 63155. Tepic, Nayarit; México. Phone: +52(311) 211 8851 Ext. 8851. E-mail: teresumaya@hotmail.com

interest in substituting synthetic antioxidants by natural ones. Therefore, the objective of this research was to assess antioxidant activity and concentration of some bioactive compounds of pulping sub-products of three mango cultivars.

KEY WORDS

Polyphenols, vitamins, carotenoids, tocopherols, antioxidants.

Introduction

Mango is a product that plays an important socio-economic role both at national and world level in different countries, basically in developing countries. It is the third tropical fruit worldwide, considering production and import (after banana and pineapple) and fifth of all the fruits commercialized globally. For Mexico, mango is also a very important source of employment, income and generation of foreign currency (COFUPRO, 2003).

The food and beverage industry is one of the largest industrial sectors in the world and of vital importance for economy. Producing sub-products in this sector is an economic and environmental problem steadily increasing. Although the food industry does not produce waste as dangerous as other sectors, it generates a high volume of biodegradable waste, causing water contamination, damage to vegetation and greenhouse gas emissions (Zamorano *et al.*, 2007). In the case of commercialization and transformation of tropical and subtropical fruit, specifically mango, its consumption fresh has expanded at world level because of its excellent sensory (color, sweetness and aroma) properties and nutritional (vitamin, mineral, fiber and phytochemical) composition (Kim *et al.*, 2009).

Parallel to fresh mango marketing, the demand for processed mango is increasing globally. Mango industrialization is a form of decreasing losses in high season and maximizing its exploitation. Approximately 20 % of the fruit is processed into products, such as purée, nectar, juice, pickled and canned slices, sweet and spiced jam, spicy sauce and candy, dessert flavoring, among others; these products have become more and more popular all over the world and gained

PALABRAS CLAVE

Polifenoles, vitaminas, carotenoides, tocoferoles, antioxidantes.

Introducción

El mango es un producto que tanto a nivel mundial como nacional juega un importante papel económico y social para diversas naciones, fundamentalmente países en desarrollo. Es el tercer fruto tropical a nivel mundial, en cuanto a su producción e importación (después del plátano y la piña) y el quinto de todos los frutos que se comercializan a nivel mundial. Para México es, además, una importante fuente de empleo, ingreso y generación de divisas (COFUPRO, 2003).

La industria de alimentos y bebidas es uno de los sectores industriales más grandes del mundo y es de vital importancia para la economía. La producción de subproductos en este sector es un problema económico y ambiental cada vez mayor. Aunque la industria alimentaria no produce desperdicios tan peligrosos como otros sectores, genera un alto volumen de residuos biodegradables, causando contaminación del agua, daños a la vegetación y las emisiones de gases de efecto invernadero (Zamorano *et al.*, 2007). En el caso de la comercialización y transformación de los frutos tropicales y subtropicales, en específico el fruto de mango, su consumo en fresco a nivel mundial se ha expandido, debido a sus excelentes propiedades sensoriales (color, dulzor y aroma) y composición nutricional (vitaminas, minerales, fibra y fitoquímicos) (Kim *et al.*, 2009).

En paralelo a la expansión del comercio de mango fresco, existe a nivel mundial, el aumento de la demanda de mango procesado. La industrialización del mango es una forma de disminuir las pérdidas en la temporada alta y maximizar su aprovechamiento. Alrededor del 20 % de los frutos se procesan en productos tales como puré, néctar, jugos, encurtidos y rodajas enlatadas, mermeladas dulces y especiadas, salsa picantes y dulces, saborizante de postres, entre otros, estos productos son cada vez más populares en todo el mundo y han ganado importancia en el mercado americano y europeo (Ribeiro & Schieber, 2010).

En la industria alimentaria después del procesamiento o transformación del mango, se generan subproductos, los cuales en la mayoría de las veces no se utilizan, son descartados

importance in American and European markets (Ribeiro & Schieber, 2010).

In the food industry, after mango processing or transformation, sub-products, which are not used most of the time, are generated and discarded as waste, considering them a serious contamination problem due to the production of methane and other decomposing materials (Ajila *et al.*, 2010).

Several research studies on proximal composition of mango seed have shown it is comparable to the majority of the cereals: carbon hydrates (69.2 %-79.8 %), fat (8.3 %-16.1 %), protein (5.6 %-9.5 %), fiber (0.1 %-2.9 %) and ashes (0.3 % a 3.6 %) (Legesse & Emire, 2012). Soong *et al.*, (2004) reported that the mango seed embryo shows an important antioxidant activity due to its high content of phenolic compounds, and it can be a good source of phytosterols and tocopherols. Schieber *et al.* (2003) & Núñez-Selles (2005), reported that the antioxidant activity of the embryo is due to its high content of polyphenols, terpenoids, phytosterols and microelements, such as selenium, copper and zinc.

Studies in mango skin have pointed it out as a potential source of phytochemicals: polyphenols, carotenoids, enzymes, vitamin E and vitamin C (Ajila *et al.*, 2007a), besides showing antioxidant properties (Ajila *et al.*, 2007b). According to Masibo and He (2009), the proximal composition of green and mature mango skin of two varieties (Badami & Raspuri) is the following: humidity 70.5 ± 4.5 (greater in mature mango skin), total protein 1.90 ± 0.15 , lipids 2.41 ± 0.25 , carbohydrates 24.0 ± 4.0 , crude fiber 5.35 ± 2.05 (greater in mature mango skin) and ashes 2.08 ± 0.92 . While Alija *et al.* (2007a) found the following fiber percentages in mango skin: total dietary fiber 45-78 %, soluble dietary fiber 16-28 % and insoluble dietary fiber 29-50 %.

In the case of industrial agricultural mango sub-products, an important concentration of bioactive compounds has been reported, particularly mangiferin, a xanthone glucoside that shows antioxidant activity (Shah *et al.*, 2010). More nutritional and pharmaceutical potential needs to be explored from mango sub-products since skin, seed and pulp, which are not used, are favorable raw materials to obtain rich extracts in phenolic compounds with antioxidant properties. Moreover, their exploitation could reduce environmental problems

como desechos y son considerados un problema de contaminación grave debido a la producción de metano y otros materiales al descomponerse (Ajila *et al.*, 2010).

Diversas investigaciones sobre la composición proximal de la semilla de mango muestran que su composición es comparable a la mayoría de los cereales: hidratos de carbono (69.2 %-79.8 %), grasa (8.3 %-16.1 %), proteína (5.6 %-9.5 %), fibra (0.1 %-2.9 %) y cenizas (0.3 % a 3.6 %) (Legesse & Emire, 2012). Soong *et al.*, (2004) reportaron que el embrión de la semilla de mango presenta una importante actividad antioxidante debido a su elevado contenido de compuestos fenólicos y puede ser una buena fuente de fitosteroles y tocoferoles. Schieber *et al.* (2003) y Núñez-Selles (2005), refieren que la actividad antioxidante del embrión es debida a su alto contenido de polifenoles, terpenoides, fitosteroles y microelementos como el selenio, cobre y zinc.

Estudios en la cáscara de mango la señalan como una potencial fuente de fitoquímicos: polifenoles, carotenoides, enzimas, vitamina E y vitamina C (Ajila *et al.*, 2007a), además de presentar propiedades antioxidantes (Ajila *et al.*, 2007b). De acuerdo con Masibo & He (2009) la composición proximal de cáscaras de mango verde y maduro de dos variedades (Badami & Raspuri) es la siguiente: humedad 70.5 ± 4.5 (siendo mayor en las cáscaras de mango maduro), proteína total 1.90 ± 0.15 , lípidos 2.41 ± 0.25 , carbohidratos 24.0 ± 4.0 , fibra cruda 5.35 ± 2.05 (siendo mayor en las cáscaras de mango maduro) y cenizas 2.08 ± 0.92 . Mientras que Ajila *et al.* (2007a) encontraron los siguientes porcentajes de fibra en las cáscaras de mango: fibra dietética total 45-78 %, fibra dietética soluble 16-28 % y fibra dietética insoluble 29-50 %.

En el caso de los subproductos agroindustriales del mango, se ha reportado una importante concentración de compuestos bioactivos, en particular mangiferina, una xantona glucósidica, la cual presenta actividad antioxidante (Shah *et al.*, 2010). Aún falta explorar más el potencial nutricional y farmacéutico de los subproductos del mango, ya que tanto la cáscara, la semilla y la pulpa no utilizada de mango son materias primas favorables para la obtención de extractos ricos en compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes, además con su aprovechamiento se podría reducir los problemas ambientales causados por estos residuos (Abdeldaiem & Hoda, 2012; Kittiphoom, 2012; Padmaja & Prasad, 2012; Dorta *et al.*, 2012; Somkuwar & Kamble, 2013;

caused by this waste. (bdeldaiem & Hoda, 2012; Kittiphoom, 2012; Padmaja & Prasad, 2012; Dorta *et al.*, 2012; Somkuwar & Kamble, 2013; García-Magaña *et al.*, 2013;)obtained after processing, contain large amounts of compounds with antioxidant activity that can be reused to reduce their environmental impact. The present study evaluates the effect of solvent (methanol, ethanol, acetone, water, methanol:water [1:1], ethanol:water [1:1], and acetone:water [1:1]).

Therefore, the objective of this research study was to assess the antioxidant activity and concentration of some bioactive compounds of pulping sub-products of three mango cultivars.

Material and Methods

The units of study were mango (*Mangifera indica* L.) fruit from Ataulfo, Kent and Keit, harvested during July 2012 in the municipality of Tepic (Latitude: 21.5039, Longitude: -104.895, 21° 30' 14" N, 104° 53' 42" W) in the state of Nayarit, Mexico. Fruit harvest was performed manually at consumption maturity and transported in wood boxes to the laboratory where they were stored for three days in refrigeration at 4°C in a cold chamber in complete darkness until its processing and analysis.

Sample preparation

Mango fruit (n = 35 mangoes) were taken from each one of the three cultivars. They were washed with soap and tap water, weighed and processed in a pulping experimental type machine (Veyco); afterwards the sub-products obtained from pulping (skin, seed and pulp adhered to both) were recollected separately depending on the cultivar and crushed in a cereal mill to obtain a paste; 100 g of paste from each cultivar were lyophilized until constant weight was obtained. Then, an ethanolic extraction was performed for three hours, and the supernatant was sieved through Whatman #4 (Maisuthisakul & Gordon, 2009) filter paper; the extracts obtained were stored in refrigeration at 4°C until analyses were performed in periods no greater than eight days. Sample storage was made in opaque containers in darkness both in a cold chamber as in the refrigerator. Only was the lyophilized sample used and not the ethanolic extract for the carotenoid and tocopherol analyses.

García-Magaña *et al.*, 2013)obtained after processing, contain large amounts of compounds with antioxidant activity that can be reused to reduce their environmental impact. The present study evaluates the effect of solvent (methanol, ethanol, acetone, water, methanol:water [1:1], ethanol:water [1:1], and acetone:water [1:1]).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la actividad antioxidante y la concentración de algunos compuestos bioactivos de los subproductos del despulpado de tres cultivares de mango.

Material y Métodos

Las unidades de estudio fueron frutos de mango (*Mangifera indica* L.) de los cultivares Ataulfo, Kent y Keit, cosechados durante el mes de julio del año 2012 en el municipio de Tepic (Latitud: 21.5039, Longitud: -104.895, 21° 30' 14" Norte, 104° 53' 42" Oeste) del Estado de Nayarit, México. La cosecha de los frutos se hizo manualmente, en madurez de consumo y transportados en jabs de madera al laboratorio, donde se almacenaron durante 3 días en refrigeración a 4°C en una cámara frío en completa oscuridad hasta su procesamiento y análisis.

Preparación de las muestras

Se tomaron 35 frutos de mango de cada uno de los cultivares. Los frutos de mango se lavaron con jabón y agua corriente, se pesaron y procesaron en un despulpador tipo planta piloto (marca Veyco), posteriormente los subproductos obtenidos del despulpado (cáscara, semilla y pulpa adherida a ambos) se recolectaron por separado dependiendo el cultivar y posteriormente se molieron en un molino de cereales (marca Veyco) para obtener una pasta. Cien gramos de pasta por cultivar se liofilizaron hasta peso constante. Después se realizó una extracción etanólica (reflujo) por tres horas y el sobrenadante fue pasado a través de papel filtro Whatman #4 (Maisuthisakul & Gordon, 2009), los extractos obtenidos fueron almacenados en refrigeración a 4°C hasta su análisis en periodos no mayores a 8 días. El almacenamiento de las muestras fue en envases opacos en oscuridad tanto en la cámara fría como en el refrigerador. Sólo para los análisis de carotenoides y tocoferoles se utilizó la muestra liofilizada y no el extracto etanólico.

Determination of bioactive compound concentration of mango paste sub-product

Determination of total phenolic compound concentration

Total phenolic compounds were determined according to the method of Stintzing *et al.* (2005) that consisted of placing 100 μ L of sample in 1.5-mL microtubes, to which 500 μ L of Folin-Ciocalteu (1:10 in distilled water) and 400 μ L sodium carbonate (at 7.5 %) solutions were added; then, the samples were agitated in vortex and incubated at room temperature for 30 min. After time elapsed, absorbance was measured at a wave length of 765 nm. Total phenolic compound concentration was obtained starting from a standard curve of gallic acid from 0 to 400 mg/L. The results were expressed in milligrams Equivalent to Gallic Acid (EAG)/g of paste in dry weight.

Determination of total flavonoid concentration

Total flavonoid concentration was determined according to the method described by Zhishen *et al.* (1999) with slight modifications, taking 50 μ L of each sample, mixing with 100 μ L distilled water, then adding 10 μ L NaNO_2 (15 %) solution and agitating in vortex. After letting set for six minutes at room temperature, 15 μ L of AlCl_3 (10 %) solution were added and left to settle again for six minutes; next, 200 μ L of NaOH (4 %) solution were added to the mixture and agitated in vortex. Mixture absorbance was determined at 510 nm. The results were expressed as mg equivalent to quercetin per gram of paste in dry weight. The standard curve was performed from 0 to 1 mg of quercetin/mL.

Determination of mangiferin content

The colorimetric method was used as described by Chang *et al.* (2002), in which 50 μ L of each sample were taken and diluted with 150 μ L ethanol; 10 μ L of AlCl_3 (10 %) and 300 μ L of potassium acetate (0.03 M) were added; immediately after, the sample was agitated in vortex and incubated at 30°C for one hour. Later, absorbance of the sample was read at a wavelength of 410 nm. The standard curve was performed from 0 to 200 μ g mangiferin/mL of DMSO. The results were expressed in micrograms equivalent to mangiferin per gram of paste in dry weight.

Determinación de la concentración de compuestos bioactivos de las pastas subproducto de mango.

Determinación de la concentración de compuestos fenólicos totales

Los compuestos fenólicos totales se determinaron de acuerdo al método de Stintzing *et al.* (2005) que consistió en colocar 100 μ L de muestra en microtubos de 1.5 mL a los cuales se agregó 500 μ L de solución de Folin-Ciocalteu (1:10 en agua destilada) y 400 μ L de solución de carbonato de sodio (al 7.5 %), enseguida, las muestras se agitaron en vortex y fueron incubaron a temperatura ambiente durante 30 minutos. Transcurrido este tiempo, se midió la absorbancia a una longitud de onda de 765 nm. La concentración de compuestos fenólicos totales se obtuvo a partir de una curva estándar de ácido gálico de 0 a 400 mg/L. Los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de ácido gálico (EAG)/g de pasta en peso seco.

Determinación de la concentración de flavonoides totales

Se determinó de acuerdo al método descrito por Zhishen *et al.* (1999), con ligeras modificaciones. Se tomó 50 μ L de cada muestra y se mezcló con 100 μ L de agua destilada, posteriormente, se agregó 10 μ L de una solución de NaNO_2 (15 %) y se agitó en el vortex. Después de reposar 6 min a temperatura ambiente se agregó 15 μ L de una solución de AlCl_3 (10 %) y se dejó reposar nuevamente durante 6 minutos, a continuación, se añadió a la mezcla 200 μ L de una solución de NaOH (4 %) y se agitó en el vortex. La absorbancia de la mezcla se determinó a 510 nm. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de quercetina por gramo de pasta en peso seco. La curva estándar se realizó a partir de 0 a 1 mg de quercetina/mL.

Determinación del contenido de mangiferina

Se utilizó el método colorimétrico descrito por Chang *et al.* (2002), En el cual se tomó 50 μ L de cada muestra y se diluyó con 150 μ L etanol, se agregó 10 μ L de AlCl_3 (10 %) y 300 μ L de acetato de potasio (0.03 M), inmediatamente después la muestra se agitó en vortex y se incubó a 30 °C por una hora. Posteriormente se leyó la absorbancia de la muestra a una longitud de onda de 410 nm. La curva estándar se realizó de 0 a 200 μ g mangiferina/mL de DMSO. Los resultados se expresaron en microgramos equivalentes de mangiferina por gramo de pasta en peso seco.

Determination of ascorbic acid concentration

To determine ascorbic acid content, the colorimetric method was used as described by Dürüst *et al.* (1997). The procedure consisted of placing 100 µL of each one of the samples diluted in oxalic acid at 0.4 %, plus 100 µL of acetate buffer (3 g of sodium acetate, 7 mL of distilled water and 10 mL of glacial acetic acid) and 800 µL of DCPI (24 mg/L) in eppendorf vials. After that, the samples were agitated in vortex, and absorbance was read at 520 nm. The standard curve was performed from 0 to 100 mg of ascorbic acid/L of oxalic acid at 0.4 %. The results were expressed in milligrams equivalent to ascorbic acid per gram of paste in dry weight.

Determination of total carotenoid concentration

Total carotenoid concentration was quantified with the colorimetric method as described by Talcott & Howard, (1999) with slight modifications (Reyes *et al.*, 2007). The procedure consisted of homogenizing 0.5 g of the sample with 12.5 mL of acetone:ethanol (1:1) that contained 200 mg/L of BHT filtered through Whatman #4 paper and gauged at 50 mL with acetone:ethanol (1:1). To this extract, 25 mL of hexane were added, agitated and left to settle for 15 min. Subsequently, 12.5 mL of ultrapure water were added and left to settle for 30 min to allow phase separation. Absorbance of the hexane phase was read at 470 nm. Total carotenoid concentration was obtained from a standard curve from 0 to 30 µg β-carotene/mL. The results were expressed as micrograms equivalent to β-carotene per gram of paste in dry weight.

Determination of tocopherol concentration

Tocopherol concentration was performed following the methodology written by Pott *et al.* (2003) with slight modifications (Yahia *et al.*, 2006); the sample (6 g) was homogenized with calcium carbonate (0.2 g) and methanol (15 mL), filtered and mixed with 50 mL of a hexane/acetone (1:1) mixture that contained BHT at 0.1 %. Then, it was agitated adding 40 mL of sodium sulfate at 10 % for phase separation. The upper layer was separated, washed several times with water and evaporated in a rotavapor at 35 °C. For saponification, the sample was dissolved in 30 mL of diethyl ether, 0.2 mL of methanol at 40 % of KOH, and the mixture was left for reaction in darkness at room temperature for 16 hours. After the saponification stage, the extract was washed with water and evaporated in a rotavapor at 35 °C. To quantify α-tocopherol concentration,

Determinación de la concentración de ácido ascórbico

Para determinar el contenido de ácido ascórbico se utilizó el método colorimétrico descrito por Dürüst *et al.* (1997). El procedimiento seguido consistió en colocar en viales eppendorf 100 µL de cada una de las muestras diluidas en ácido oxálico al 0.4 %, más 100 µL de amortiguador de acetatos (3 g de acetato de sodio, 7 mL de agua destilada y 10 mL de ácido acético glacial) y 800 µL de DCPI (24 mg/L). Después de agitaron las muestras en vórtex y se leyó la absorbancia a 520 nm. La curva estándar se realizó de 0 a 100 mg de ácido ascórbico/L de ácido oxálico al 0.4 %. Los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de ácido ascórbico por gramo de pasta en peso seco.

Determinación de la concentración de carotenoides totales

La concentración de carotenoides totales se cuantificó con el método colorimétrico descrito por Talcott & Howard (1999), con ligeras modificaciones (Reyes *et al.*, 2007) El procedimiento consistió en homogenizar 0.5 g de la muestra con 12.5 mL de acetona: etanol (1:1) que contiene 200 mg/L de BHT, se filtró a través de un filtro Whatman #4 y se aforó a 50 mL con acetona:etanol (1:1). A este extracto se le añadió 25 mL de hexano, se agitó y se dejó reposar durante 15 min. Posteriormente se añadió 12.5 mL de agua ultrapura y se dejó durante 30 minutos en reposo para permitir la separación de fases. La absorbancia de la fase con hexano se leyó a 470 nm. La concentración de carotenoides totales se obtuvo a partir de una curva estándar de 0 a 30 µg β-caroteno/mL. Los resultados se expresaron como microgramos equivalentes de β-caroteno por gramo de pasta en peso seco.

Determinación de la concentración de tocoferoles

Se llevó a cabo por la metodología escrita por Pott *et al.* (2003) con ligeras modificaciones (Yahia *et al.*, 2006), la muestra (6 g) se homogenizó con carbonato de calcio (0.2 g) y metanol (15 mL), se filtró y se mezcló con 50 mL de una mezcla de hexano/acetona (1:1) que contenía BHT al 0.1 %. Después de agitó y se le adicionaron 40 mL de sulfato de sodio al 10 % para la separación de fases. La capa superior se separó, se lavó varias veces con agua, y se evaporó en un rotavapor a 35 °C. Para la saponificación, la muestra se disolvió en 30 mL de éter dietílico, 0.2 mL de metanol al 40 % de KOH y la mezcla se dejó reaccionar durante 16 h en la oscuridad a temperatura ambiente. Después de la etapa de saponificación, el extracto se lavó con agua y se evaporó en un rotavapor a 35 °C. Para la cuantificación de la concentración de α-tocopherol se utilizó el método colorimétrico descrito Kivçak & Akay, (2005). Los

the colorimetric method was used as described by Kivçak & Akay, (2005). The results were expressed as micrograms equivalent to α -tocopherol per gram of paste in dry weight.

Determination of antioxidant activity of mango paste sub-product

Antiradical activity based on free radical 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH•)

The antiradical activity based on DPPH• was evaluated according to the procedure reported by Morales & Jiménez-Pérez (2001). The antioxidant activity was expressed in μ mol equivalent to Trolox/g paste p.s. (μ mol ET/g paste p.s.). The technique consisted of preparing a DPPH• solution at a concentration of 7.4 mg/100 mL in ethanol and agitated for 10 min. Subsequently, 500 μ L of the DPPH• solution were added to 100 μ L of the samples in vials and agitated vigorously; they were left to settle at room temperature for one hour. After this time elapsed, the vials were centrifuged at 10,000 rpm at room temperature for five min; then, absorbance of the supernatant was measured at a wavelength of 520 nm. A standard Trolox curve from 0 to 500 μ mol Trolox/L was performed for each set of samples.

Antiradical activity based on capture of 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS)

Capture capacity of the stable ABTS•⁺ cation was obtained following the ABTS (7mM) reaction in potassium persulfate (2.45 mM), incubated at 4 °C in darkness for 16 h. Once the radical ABTS•⁺ was formed, it was diluted with ethanol until an absorbance value of 0.70 (\pm 0.1) at 754 nm was obtained; 20 μ L of the sample were added to 980 μ L of the radical ABTS•⁺ dilution. Absorbance was measured at 754 nm after seven minutes of waiting period. Capture capacity of the free radical ABTS•⁺ was determined with a standard curve of ascorbic acid from 0 to 30 mg/100 mL; the results were expressed as mg equivalent to vitamin C (EVC)/g paste p.s. (Re *et al.*, 1999; Kuskoski *et al.*, 2005).

Reduction capacity of ion Fe (III) to ion Fe (II) (FRAP)

The reduction capacity of ion Fe (III) to ion Fe (II) was determined by the method of Hinneburg *et al.* (2006),

resultados se expresaron como microgramos equivalentes de α -tocopherol por gramo de pasta en peso seco.

Determinación de la actividad antioxidante de las pastas de subproducto de mango

Actividad antirradical con base en el atrapamiento del radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidracil (DPPH•)

La actividad antirradical con base en el DPPH• se evaluó de acuerdo al procedimiento reportado por Morales & Jiménez-Pérez (2001). La actividad antioxidante se expresó en μ mol equivalente de Trolox/g pasta p.s. (μ mol ET/g pasta p.s.). La técnica consistió en preparar una solución de DPPH• a una concentración de 7.4 mg/100 mL en etanol y se agitó por 10 min. Posteriormente se colocaron 100 μ L de las muestras en viales, se les agregó 500 μ L de la solución de DPPH•, y se agitaron vigorosamente; se dejaron reposar a temperatura ambiente durante una hora. Transcurrido este tiempo los viales se centrifugaron a 10,000 rpm por 5 min a temperatura ambiente y posteriormente, la absorbancia del sobrenadante se midió a una longitud de onda de 520 nm. Para cada conjunto de muestras se realizó una curva estándar de Trolox de 0 a 500 μ mol Trolox/L.

Actividad antirradical con base en el atrapamiento del catión ácido-1,1'-azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico (ABTS•⁺)

La capacidad de atrapamiento del catión estable ABTS•⁺ se obtuvo tras la reacción de ABTS•⁺ (7mM) en persulfato de potasio (2.45 mM), incubado a 4 °C en la oscuridad durante 16 h. Una vez formado el radical ABTS•⁺ se diluyó con etanol hasta obtener un valor de absorbancia de 0.70 (\pm 0.1) a 754 nm. Se añadieron 20 μ L de la muestra a 980 μ L de la dilución del radical ABTS•⁺. La absorbancia se midió a 754 nm a los 7 min de espera. La capacidad de atrapamiento de radical libre ABTS•⁺ se determinó con una curva estándar de ácido ascórbico de 0 a 30 mg/100 mL y los resultados se expresaron como mg equivalente a vitamina C (EVC)/g pasta p.s. (Re *et al.*, 1999; Kuskoski *et al.*, 2005).

Capacidad de reducción del ion Fe (III) a ion Fe (II) (FRAP)

Se determinó por el método de Hinneburg *et al.* (2006). Este consistió en tomar una alícuota de 1 mL de cada extracto, para mezclar con 2.5 mL de búfer de fosfato de sodio (0.2 M, pH 6.6) y 2.5 mL de hexacianoferrato de potasio [K₃Fe(CN)₆] al 1 %. Después de una incubación de 30 min a 50 °C se agregaron 2.5 mL de ácido tricloroacético

which consisted of taking an aliquot of 1 mL of each extract to mix it with 2.5 mL of sodium phosphate buffer (0.2 M, pH 6.6) and 2.5 mL of potassium hexacyanoferrate [$K_3Fe(CN)_6$] at 1 %. After 30-min incubation at 50 °C, 2.5 mL of trichloroacetic acid at 10 % were added and left to settle at room temperature for 10 min. Immediately, 2.5 mL of water and 0.5 mL of ferric chloride at 0.1% were added to the 2.5 mL assay to perform absorbance measurements at a wavelength of 700 nm. The ascorbic acid standard curve was made at concentrations from 0 to 15 mg/100 mL, and the results were expressed as milligrams equivalent to ascorbic acid (EAA)/g of paste in dry weight pasta.

Chelating activity

Chelating activity was analyzed with the method reported by Guicin *et al.* (2003); it consisted of placing 100 μ L of the sample in 1.5-mL vials, adding 50 μ L of ferrous chloride tetrahydrate solution (2 mM) and 450 μ L methanol; assays were agitated and left to settle at room temperature for five min. Subsequently, 400 μ L of ferrozine (5 mM) were added and left at room temperature to settle for 10 min. The calibration curve was performed with EDTA from 0 to 0.001 M/L; the results were expressed as micromoles equivalent to per gram of paste in dry weight.

Antioxidant activity based on the protection of β -carotene and linoleic acid emulsion

The protection activity of β -carotene and linoleic acid against oxidation was determined with the methodology reported by Vankar *et al.* (2006). It consisted of preparing an emulsion with 2 mL of β -carotene in chloroform (at a concentration of 0.6 mg/mL) in a boiling flask; chloroform evaporated at 40 °C for 15 sec utilizing a rotavapor; then, 40 μ L of linoleic acid, 400 μ L of tween-20 and 100 mL of deionized water were added and agitated vigorously for one minute to form the emulsion. For the antioxidant assay, 200 μ L of the samples were placed in test tubes; 5 mL of emulsion were added to each test tubes with the sample; they were agitated in vortex and submerged in water at 50°C. A BHT solution (4 mM) was used as protection standard against oxidation and deionized water as control. Readings were taken at 90 min of reaction, and absorbance was measured at 470 nm after tempering. A BHT curve of 0.0004 was performed at 4 mM/L. The

al 10 % y se dejó reposar 10 min a temperatura ambiente. Enseguida se tomaron 2.5 mL del ensayo y se agregaron 2.5 mL de agua y 0.5 mL de cloruro férrico 0.1 % para realizar las mediciones de absorbancia, la cuales se realizaron a una longitud de onda de 700 nm. Se realizó una curva estándar de ácido ascórbico a concentraciones de 0 a 15 mg/100 mL. Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de ácido ascórbico (EAA)/g de pasta en peso seco.

Actividad quelante

Se analizó con el método reportado por Guicin *et al.* (2003) que consistió en colocar 100 μ L de la muestra en viales de 1.5-mL, a los cuales se les agregó 50 μ L de una solución de cloruro férrico tetrahidratado (2 mM) y 450 μ L de metanol; los ensayos se agitaron y se dejaron en reposo a temperatura ambiente durante 5 min. Posteriormente, se adicionó 400 μ L de ferrozina (5 mM), se agitó y se dejó en reposo 10 min a temperatura ambiente. La curva de calibración se realizó con EDTA de 0 a 0.001 M/L, los resultados se expresaron como micromoles equivalentes de EDTA por gramo de pasta en peso seco.

Actividad antioxidante con base en la protección de una emulsión de β -caroteno y ácido linoleico.

La actividad protectora contra la oxidación de una emulsión de β -caroteno y ácido linoleico se determinó con la metodología reportado por Vankar *et al.* (2006) que consistió en preparar una emulsión con 2 mL de β -caroteno en cloroformo (a una concentración de 0.6 mg/mL) en un matraz bola, el cloroformo se evaporó a 40 °C por 15 segundo utilizando un rota evaporador, enseguida se agregó 40 μ L de ácido linoleico, 400 μ L de tween-20 y 100 mL de agua desionizada y se agitó vigorosamente durante 1 min para formar la emulsión. Para el ensayo antioxidante se colocó 200 μ L de la muestra en tubos de ensaye, a cada tubo con muestra se le añadió 5 mL de la emulsión, los tubos se agitaron en un vórtex y se sumergieron en agua a 50°C. Se utilizó como estándar de protección contra la oxidación una solución de BHT (4 mM) y como control agua desionizada. Se tomaron las lecturas a los 90 minutos de reacción y se midió su absorbancia a 470 nm después de atemperarse. Se realizó una curva de BHT de 0.0004 a 4 mM/L. Los resultados se reportaron en micromoles equivalentes de BHT por gramo de pasta en peso seco.

Análisis estadístico

Los datos de cada parámetro fueron probados por normalidad y homocedasticidad. Los resultados obtenidos

results were reported in micromoles equivalent to BHT per gram of paste in dry weight.

Statistical analysis

The data of each parameter were tested for normality and homocedasticity. The results obtained were analyzed utilizing an analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test for multiple comparison of means when significant differences occurred among treatments with a significant level of 1 %. Likewise, the correlation between the bioactive compounds and antioxidant activity was established with Pearson's test, utilizing SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 18.

Results

Concentration of bioactive compounds of mango paste sub-product

Figure 1A shows the total phenolic compounds (TPC) for the three cultivars of mango paste analyzed, observing that Ataulfo showed the greatest concentration with 37 mg EAG/g of paste p.s. ($p < 0.01$).

Figure 1B shows the different flavonoid concentrations where the paste of Ataulfo obtained the greatest concentration with 19.3 mg E quercetin/g of paste p.s. while those of Kent and Keit cultivars obtained similar value between them with 6.7 and 6.8 mg E quercetin/g of paste p.s., respectively ($p < 0.01$).

Figure 1C shows that the paste of Ataulfo had the greatest concentration of mangiferin with 5,523 μ g E mangiferin/g of paste p.s., followed by Keit with 1,412 μ g E mangiferin/g of paste p.s. and in last place, Kent with 1,018 μ g E mangiferin/g of paste p.s. ($p < 0.01$).

Figure 1D shows that Ataulfo has an average cultivation of 0.68 mg E ascorbic acid/g paste p.s., which was significantly the highest of those observed for Keit and Kent cultivars ($p < 0.01$).

Figure 1E shows carotenoid concentration where the three cultivars had different concentrations, of which Ataulfo was the highest with 494 μ g E β -carotene/g of paste p.s and Keit the lowest with 209 μ g E β -carotene/g of paste p.s ($p < 0.01$).

se analizaron utilizando un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias de Tukey, cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos, con un nivel de significación del 1 %. Así mismo, se estableció la correlación entre los compuestos bioactivos y la actividad antioxidante con la prueba de Pearson, para lo cual se utilizó el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 18.

Resultados

Concentración de compuestos bioactivos de las pastas de subproductos de mango.

La concentración de compuestos fenólicos totales (TPC) para los tres cultivares de pastas de mango analizadas se muestra en la figura 1A, en donde se observa que la pasta del cultivar Ataulfo presentó la mayor concentración con 37 mg EAG/g de pasta p.s. ($p < 0.01$).

En la Figura 1B se muestran las diferentes concentraciones de flavonoides, la pasta del cultivar Ataulfo obtuvo la mayor concentración con 19.3 mg E. quercetina/g de pasta p.s., mientras que las pastas de los cultivares Kent y Keit obtuvieron valores similares entre sí con 6.7 y 6.8 mg E quercetina/g de pasta p.s., respectivamente ($p < 0.01$).

En la Figura 1C se observa que la pasta del cultivar Ataulfo presentó la mayor concentración de mangiferina con 5,523 μ g E mangiferina/g de pasta p.s., seguido del cultivar Keit con 1,412 μ g E mangiferina/g de pasta p.s. y en último lugar el cultivar Kent con 1,018 μ g E mangiferina/g de pasta p.s. ($p < 0.01$).

En la Figura 1D se puede observar que el cultivar Ataulfo tiene una concentración promedio de 0.68 mg E ácido ascórbico/g pasta p.s., la cual es más alta significativamente que la presentada por los cultivares Keit y Kent ($p < 0.01$).

La concentración de carotenoides se muestra en la Figura 1E. donde se puede observar que los tres cultivares presentan concentraciones diferentes, siendo el Ataulfo el más alto con 494 μ g E. β -caroteno/g de pasta p.s y el Keit el más bajo con 209 μ g E. β -caroteno/g de pasta p.s ($p < 0.01$).

En la Figura 1F se presenta la concentración de tocoferoles totales, se observa que el cultivar Ataulfo presentó la mayor concentración con 620 μ g E. α -tocoferol/g de pasta p.s. ($p < 0.01$), este resultado de la pasta cultivar Ataulfo

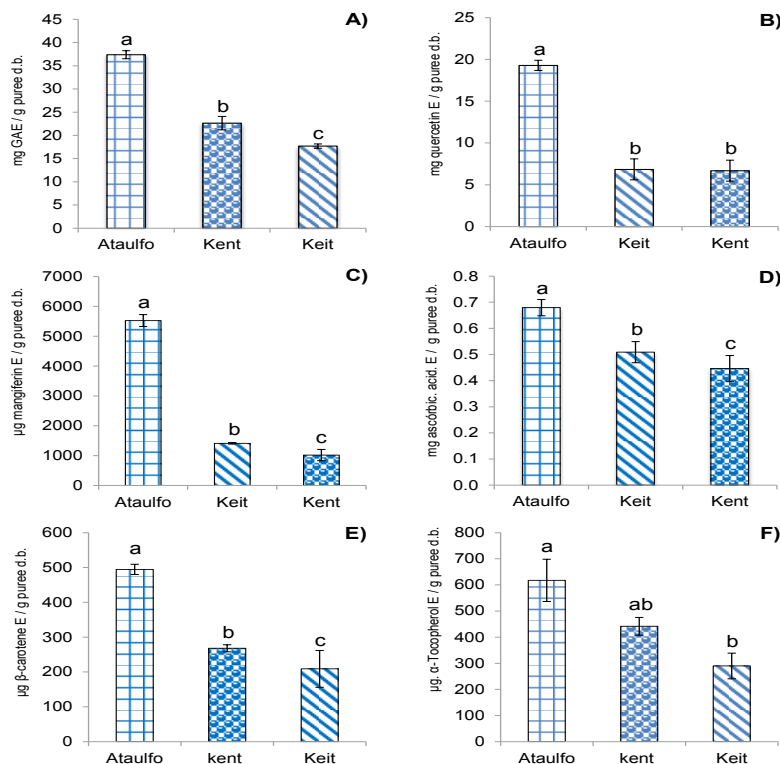


Figure 1. Concentration of bioactive compound in by-product puree of three varieties of mango.

A) Concentration of total phenolic compounds, B) Concentration of total flavonoids, C) Concentration of mangiferin, D) Concentration of ascorbic acid, E) Concentration of total carotenoids, F) Concentration of total tocopherols. Results are expressed as means (columns) \pm standard deviations (error barr) (n=3). Different letter (a, b, c) denote significant differences between treatments ($p < 0.01$).

Figura 1. Concentración de compuestos bioactivos en pasta de subproductos de tres cultivares de mango.

A) Concentración de compuestos fenólicos totales, B) Concentración de flavonoides, C) Concentración de mangiferina, D) Concentración de ácido ascórbico, E) Concentración total de carotenoides, F) Concentración de tocoferoles totales. Los resultados se expresan como medias (columnas) \pm desviaciones estándar (barras de error) (n=3). Las letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.01$).

Figure 1F shows total tocopherol concentration where Ataulfo showed the highest concentration with 620 μg E α -tocopherol/g of paste p.s. ($p < 0.01$); this result of Ataulfo was greater than that reported by Corral-Aguayo *et al.* (2008), who determined that tocopherol concentration was 550 $\mu\text{g}/100$ g of pulp.

Antioxidant activity of mango paste sub-product

The capacity to capture free radical DPPH \cdot of the different mango cultivars is shown in Figure 2A, observing that Ataulfo had the greatest antiradical activity with 244 μmol ET/g of paste p.s. while no differences ($p < 0.01$) were found between Kent and Keit cultivars.

es mayor a lo reportado por Corral-Aguayo *et al.* (2008), quienes determinaron la concentración de tocoferoles en 550 $\mu\text{g}/100$ g de pulpa.

Actividad antioxidante de pastas de subproductos de mango

La capacidad de atrapar el radical libre DPPH \cdot de los diferentes cultivares de mango se presenta en la Figura 2A, en esta se puede observar que el cultivar Ataulfo presentó la mayor actividad antirradical con 244 μmol ET/g de pasta p.s. mientras que entre los cultivares Kent y Keit no se encontró diferencias ($p < 0.01$).

Figure 2B shows the antiradical activity results of mango cultivars on the ABTS^{•+} cation. Mango Ataulfo had the greatest antiradical activity of 5.9 mg EVC/g of paste p.s., followed by Kent and Keit cultivars without significant ($p < 0.01$) differences between them.

The capacity of the three mango cultivars of reducing ion Fe (III) to ion Fe (II) is shown in Figure 2C, observing they had a different reduction capacity for Fe (III), of which Ataulfo

En la Figura 2B se presentan los resultados de la actividad antirradical de los cultivares de mango sobre el catión ABTS^{•+}. El mango Ataulfo presentó la mayor actividad antirradical con un valor de 5.9 mg EVC/g de pasta p.s., seguido por los cultivares Kent y Keit entre los cuales no se encontró diferencias significativas ($p < 0.01$).

La capacidad de reducción del ion Fe (III) a ion Fe (II) de los tres cultivares de mango se muestran en la figura 2C donde

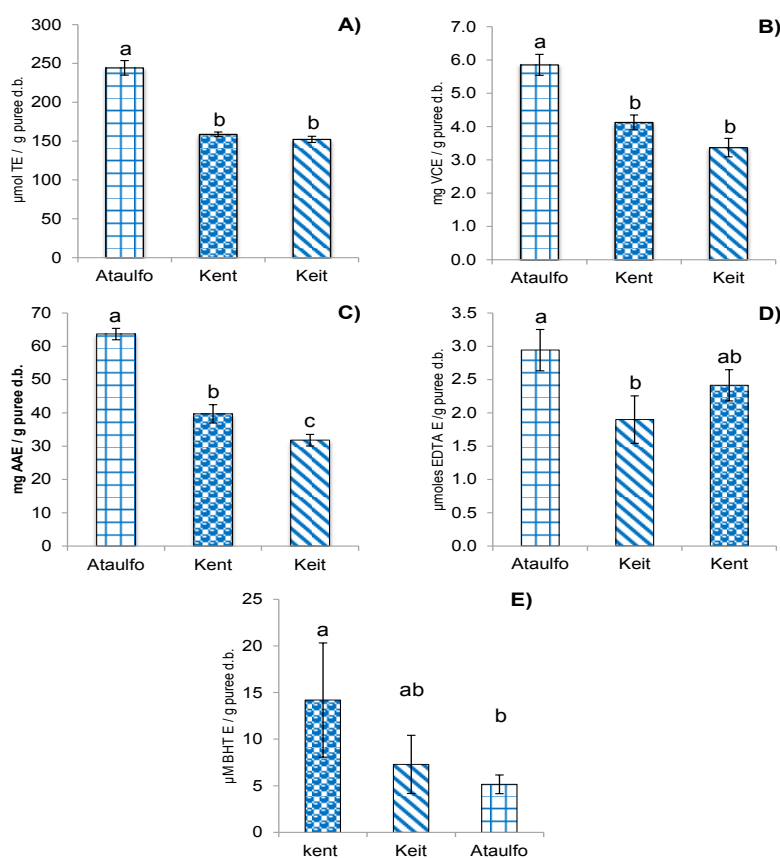


Figure 2. Antioxidant activity of by-product puree of three varieties of mango. A) DPPH[•] radical scavenging activity, B) ABTS^{•+} radical scavenging activity, C) Ferric-reducing antioxidant power (FRAP), D) chelator activity, E) Antioxidant activity by β -carotene-linoleic acid method. Results are expressed as means (columns) \pm standard deviations (error bars) (n=3). Different letter (a, b, c) denote significant differences between treatments ($p < 0.01$).

Figura 2. Actividad antioxidante en pasta de subproductos de tres cultivares de mango. A) Actividad del radical con base en el DPPH[•], B) La capacidad de atrapamiento del catión estable ABTS^{•+}, C) Capacidad de reducción del ion Fe (III) a ion Fe (II) (FRAP), D) Actividad quelante, E) Actividad antioxidante por el método del ácido β -caroteno-linoleico. Los resultados se expresan como medias (columnas) \pm desviaciones estándar (barras de error) (n=3). Las letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.01$).

Table 1.
Correlation of Pearson between antioxidant activity and bioactive compound of by-products puree of mango.

Tabla 1.
Correlación de Pearson entre la actividad antioxidante y los compuestos bioactivos de las pastas de subproductos de mango.

	DPPH•	ABTS• ⁺	FRAP	Chelator activity	β-carotene-linoleic acid method
TPC	0.93**	0.42**	0.93**	0.17*	0.06
Flavonoid	0.92**	0.30**	0.89**	0.20*	0.20*
Mangiferin	0.94**	0.32**	0.87**	0.25**	0.21*
Ascorbic acid	0.70**	0.26**	0.57**	0.30**	0.13
Carotenoids	0.89**	0.40**	0.90**	0.12	0.07
Tocopherols	0.21*	0.02	0.25**	0.09	0.09

Results are expressed as R² (n=3).

**Correlation significant at $p < 0.01$ (bilateral).

* Correlation significant at $p < 0.05$ (bilateral).

Los datos están expresados en R² (n=3).

**Correlación significativa a $p < 0.01$ (bilateral).

* Correlación significativa a $p < 0.05$ (bilateral).

showed the greatest activity with 64 mg E ascorbic acid/g of paste p.s., followed by Kent and last place for Keit with 40 and 32 mg E ascorbic acid/ g paste p.s., respectively ($p < 0.01$).

The chelating activity of a complex extract is the result of the sum of the compounds that show this activity, such as ascorbic acid, carotenoids, anthocyanins and phenolic compounds (Martínez-Valverde *et al.*, 2000; Ajila *et al.*, 2007b).

Figure 1D shows the chelating activity of the analyzed cultivars, observing that Ataulfo had the greatest activity with 2.9 μmoles EDTA/g of paste p.s., and Keit had the least activity with 1.9 μmoles EDTA/g of paste p.s. while Kent was similar to both ($p < 0.01$). Figure 2E shows that Kent cultivar had the greatest protection against emulsion oxidation with 14.2 μM E BHT/g of paste p.s. while Ataulfo had 5.1 μM E BHT/g of paste p.s., which was the least antioxidant activity; Keit cultivar was statistically similar to both cases ($p < 0.01$).

According to the correlation analysis (Table 1) of the mango paste extracts analyzed, the capacity to capture radical DPPH• showed a positive correlation with the bioactive compounds analyzed, which was strong for total phenolic compounds, flavonoids, mangiferin,

podemos observar que los tres cultivares tienen diferente capacidad de reducción de Fe (III), el cultivar Ataulfo presentó la mayor actividad con 64 mg E ácido ascórbico/g de pasta p.s., seguido por el Kent y en último lugar el Keit, con 40 y 32 mg E ácido ascórbico/g pasta p.s., respectivamente ($p < 0.01$).

La actividad quelante de un extracto complejo es el resultado de la suma de los compuestos que presentan dicha actividad, tales como: ácido ascórbico, carotenoides, antocianinas y compuestos fenólicos (Martínez-Valverde *et al.*, 2000; Ajila *et al.*, 2007b).

En la Figura 1D se muestra la actividad quelante de los cultivares analizados, en esta figura se observa que el cultivar Ataulfo presentó la mayor actividad con 2.9 μmoles EDTA/g de pasta p.s. y la de menor actividad fue el cultivar Keit con 1.9 μmoles EDTA/g de pasta p.s., mientras que, el cultivar Kent fue similar a ambos ($p < 0.01$). Se observa en la Figura 2E que el cultivar Kent presentó la mayor protección ante la oxidación de la emulsión con 14.2 μM E BHT/g de pasta p.s., mientras que, el cultivar Ataulfo con 5.1 μM E BHT/g de pasta p.s. fue el que menos actividad antioxidante presentó, el cultivar Keit fue estadísticamente similar a ambos casos ($p < 0.01$).

De acuerdo al análisis de correlación (Tabla 1) de los extractos de las pastas del mango analizadas, la capacidad de atrapar el radical DPPH• presenta una correlación positiva con los compuestos bioactivos analizados, siendo fuerte para los

ascorbic acid and carotenoids while that with tocopherols was weak and less significant ($p < 0.05$).

The antiradical activity against ABTS^{•+} had a weak ($p < 0.01$) positive correlation with the majority of the bioactive compounds analyzed, except for tocopherols where no correlation was found.

For FRAP no strong positive correlations were found with phenolic, flavonoid, mangiferin and carotenoid compounds while the correlation was moderate with ascorbic acid and weak with tocopherols. This behavior was also reported by Corral-Aguayo *et al.* (2008) who found similar correlations.

Chelating activity was positively and weakly correlated with phenolic, flavonoid, mangiferin, and ascorbic acid compounds, of which these two last one were more significant than the first one. On the other hand, carotenoids showed a negative and weak correlation while no correlation was found with tocopherols.

In the case of oxidation protection with β -carotene and linoleic acid emulsion, the correlation analysis made evident that it was weak and negative with flavonoids and mangiferin while no correlation was found with the rest of the bioactive compounds. According to Kuskoski *et al.* (2005), the correlation of antioxidant activity with any compound not only depends on the concentration and quality of the same but also on its interaction with other product components. The low correlation of ascorbic acid and carotenoids with the different antioxidant activities analyzed could be related with the chemical characteristics of the molecule that determines their antioxidant properties, depending on the medium the reaction develops (Vrolijk *et al.*, 2015).

Discusion

Concentration of bioactive compounds of mango paste sub-products

Manthey & Perkins-Veazie (2009), determined the concentration of total phenolic compounds in fruit of different mango cultivars (Tommy Atkins, Haden, Kent, Keit and Ataulfo) of different countries (Peru, Brazil and Mexico), reporting that mango Ataulfo from Mexico had the greatest CFT concentration with 109.3

compuestos fenólicos totales, los flavonoides, la mangiferina, el ácido ascórbico y los carotenoides, mientras que, con los tocoferoles la correlación fue débil y menos significativa ($p < 0.05$).

La actividad antiradical contra el ABTS^{•+} tiene una correlación positiva débil ($p < 0.01$) con la mayoría de los compuestos bioactivos analizados, excepto con los tocoferoles donde no se encontró correlación.

Para FRAP se encontró correlaciones positivas fuertes con los compuestos fenólicos, flavonoides, mangiferina y carotenoides, mientras que, con el ácido ascórbico la correlación fue moderada y con los tocoferoles fue débil. Este comportamiento también lo reportaron Corral-Aguayo *et al.* (2008) quienes encontraron correlaciones similares.

En la actividad quelante se correlaciona positiva y débilmente con los compuestos fenólicos, flavonoides, mangiferina y ácido ascórbico, siendo estos dos últimos más significativos que los primeros. Por otra parte, se observa los carotenoides presentaron una correlación negativa y débil, mientras que, con los tocoferoles no se encontró correlación.

En el caso se la protección de la oxidación de una emulsión de β -caroteno y ácido linoleico el análisis de correlación evidenció que esta es débil y negativa con los flavonoides y mangiferina, mientras que, con el resto de compuestos bioactivos no se encontró correlación. Según Kuskoski *et al.* (2005) la correlación de la actividad antioxidante con algún compuesto no solo depende de la concentración y la calidad del mismo, sino también de su interacción con otros componentes del producto. La baja correlación del ácido ascórbico y carotenoides con las distintas actividades antioxidantes analizadas podría estar relacionada con la característica química de su molécula que determina sus propiedades antioxidantes dependiendo del medio donde se desarrolle la reacción (Vrolijk *et al.*, 2015).

Discusión

Concentración de compuestos bioactivos de pastas de subproductos de mango

Manthey & Perkins-Veazie (2009), realizaron un estudio donde determinaron la concentración de compuestos fenólicos totales en frutos de diferentes cultivares de mango (Tommy Atkins, Haden, Kent, Keitt y Ataulfo) de distintos países (Perú, Brasil y México), reportaron que el cultivar de

mg EAG/100 g of purée. For the variety of mango Uba (Brazilian), 208.7 mg EAG/100 g dry weight have been reported (Ribeiro *et al.*, 2007). The results obtained in this determination for the three different mango paste analyzed were greater than those reported by Berardini *et al.* (2005) and Abdalla *et al.* (2007) who found 406.6 mg EAG/100g in peel and 112 mg EAG/100 g seed, respectively. The main flavonoids reported in mango are mangiferin, catechin, epicatechin, quercetin, isoquercetin (quercetin-3-glucoside), antocyanins, fisetin and astragalín (kaempferol-3-glucoside) (Masibo & He, 2008).

The values obtained in this research for the concentration of ascorbic acid were found within the interval reported in different research studies, where a great variation was observed from 0.09 to 1.86 mg/g mango pulp (Franke *et al.*, 2004; Gil *et al.*, 2006; Ribeiro *et al.*, 2007; Reyes *et al.*, 2007; Corral-Aguayo *et al.*, 2008; Manthey & Perkins-Veazie, 2009). On the other hand, the content of ascorbic acid in skin has been reported by Ajila *et al.* (2007b) with an average of 0.34 mg/g p.s.; these results are lower than those obtained in this research study.

Same as with other fruit, mangoes differ in their ascorbic acid content due to genotype, climate factors and maturity stage. Lee & Kader (2000) reported that at the beginning of the maturity stage, the content of ascorbic acid was greater and it decreased with time (Lee & Kader, 2000). Sample preparation and the analytical methods used for quantification also have an influence (Ribeiro & Schieber, 2010).

Chena *et al.* (2004) determined 25 carotenoids in mango pulp; *trans*- β -carotene was present in the greatest amount (29.34 μ g/g), followed by its isomer *cis*- β -carotene (9.86 μ g/g), violaxantin and its isomer *cis* (6.40 μ g/g), neochrome (5.03 μ g/g), luteoxantin (3.6 μ g/g), neoxantin and its isomer *cis* (1.88 μ g/g), zeaxantin (1.16 μ g/g) and 9-or 9'-*cis*-luteína (0.78 μ g/g) (Masibo & He, 2009).

Mango pulp contains a wide spectrum of carotenoids, including β -carotene, violaxantin, criptoxantin, neoxantin, luteoxantin, and zeaxantin (Ornelas-Paz *et al.*, 2007); β -carotene is mainly the predominant carotenoid in mango constituting 48-84 % of the total carotenoids (Manthey & Perkins-Veazie, 2009), which has been reported in a range from 1,159 to 3,000 mg/100g of pulp from different mango cultivars (Pott *et al.*, 2003; Chena *et al.*, 2004; Ornelas-Paz *et al.*, 2007).

mango Ataulfo de México presentó la mayor concentración de TPC con 109.3 mg EAG/100 g de puré. Para la variedad de mango Ubá (brasileña), se ha reportado 208.7 mg EAG/100 g peso seco (Ribeiro *et al.*, 2007). Los resultados obtenidos en esta determinación para las tres diferentes pastas del mango analizadas son mayores por las reportadas por Berardini *et al.* (2005) y por Abdalla *et al.* (2007) quienes encontraron en cáscara 406.6 mg EAG/100g y en semilla 112 mg EAG/100 g, respectivamente. Los principales flavonoides reportados en el mango son: mangiferina, catequina, epicatequina, quercetina, isoquercetina (quercetina-3-glucósido), antocianinas, fisetina y astragalina (kaempferol-3-glucósido) (Masibo & He, 2008).

Los valores obtenidos en esta investigación para la concentración de ácido ascórbico se encuentran dentro del intervalo reportado en diversas investigaciones, donde se observa una gran variación que va desde 0.09 hasta 1.86 mg/g de pulpa de mango (Franke *et al.*, 2004; Gil *et al.*, 2006; Ribeiro *et al.*, 2007; Reyes *et al.*, 2007; Corral-Aguayo *et al.*, 2008; Manthey & Perkins-Veazie, 2009;). Por otro lado, el contenido de ácido ascórbico en cáscara está reportado por Ajila *et al.* (2007b) con un promedio de 0.34 mg/g p.s., estos resultados son menores a los obtenidos en esta investigación.

Al igual que otros frutos, los mangos difieren en su contenido de ácido ascórbico debido al genotipo, factores climáticos y etapa de maduración, se ha reportado que al principio de la etapa de maduración el contenido de ácido ascórbico es mayor y disminuye con el paso del tiempo (Lee & Kader, 2000). También influye la preparación de muestras y los métodos analíticos utilizados para la cuantificación (Ribeiro & Schieber, 2010).

Chena *et al.* (2004), determinaron 25 carotenoides en la pulpa del mango. El *trans*- β -caroteno estuvo presente en la mayor cantidad (29.34 μ g/g), seguido por su isómero *cis* de β -caroteno (9.86 μ g/g), violaxantina y su isómero *cis* (6.40 μ g/g), neocromo (5.03 μ g/g), luteoxantina (3.6 μ g/g), neoxantina, y su isómero *cis* (1.88 μ g/g), zeaxantina (1.16 μ g/g) y 9-or 9'-*cis*-luteína (0.78 μ g/g) (Masibo & He, 2009).

La pulpa del mango contiene un espectro amplio de carotenoides, incluyendo β -caroteno, violaxantina, criptoxantina, neoxantina, luteoxantina, y la zeaxantina (Ornelas-Paz *et al.*, 2007). Principalmente el β -caroteno es el carotenoide predominante en mango, constituyendo del 48-84 % del total de carotenoides (Manthey & Perkins-Veazie, 2009). El contenido total de carotenoides esta reportado entre un rango de 1,159 a 3,000 mg/100g de pulpa de diferentes cultivares de mango (Pott *et al.*, 2003; Chena *et al.*, 2004; Ornelas-Paz *et al.*, 2007).

Ornelas-Paz *et al.* (2007) reported carotene values of seven different mango cultivars harvested in Mexico from 0.4 to 7.7 mg/100g of sample, of which Haden had the greatest concentration of carotenoids (7.7 mg/100 g of sample) while Ataulfo and Kent showed an average of 2.4 and 3.2 mg/100g of sample, which agrees with the results obtained in this study.

The values obtained in this research study in total tocopherol concentration of the three analyzed mango paste were within the range of the values reported by Charoensiri *et al.* (2009) for total tocopherol concentration of the main mango cultivars consumed in Thailand (Kheosawoei, Nahmdawgmai and Rad with values of 0.35 and 1.45 mg/100 g mango pulp, respectively). Ornelas-Paz *et al.* (2007) reported values from 200 to 500 µg/100g pulp of seven mango cultivars harvested in Mexico (Haden, Ataulfo, Tommy Atkins, Manila, Kent and Paraiso, Criollo variety), of which Tommy Atkins and Haden obtained the highest contents with 500 and 399 µg/100g pulp, respectively.

In other cultivars, such as *Glechoma longituba*, a high variation was found in total flavonoid concentration and other bioactive compounds, depending on geographic origin; likewise, a positive correlation was found between soil iron and phosphorous, temperature and humidity as key factors in bioactive compound variation (Jin *et al.*, 2018). This same effect was detected in gallic (*Allium sativum* L.) cultivation where genotype, several cultivation practices, as well as post-harvest conditions were determined to influence on gallic bioactive potential (Martins *et al.*, 2016). Likewise, a study described that in *Passiflora setacea* cultivation, phenolic compounds and vitamin C concentrations were greater in rainy seasons than in dry ones, particularly in the case of vitamin C, finding that even cultivation techniques could influence its concentration (De Carvalho *et al.*, 2018).

Antioxidant activity of mango paste sub-product.

Manthey & Perkins-Veazie (2009) determined the capacity of five mango cultivars (Tommy Atkins, Haden, Kent, Keit and Ataulfo) of different countries (Peru, Brazil, Ecuador and Mexico) to capture radical DPPH•, reporting that mango Ataulfo of Mexico showed the greatest activity with an average of 104.2 mg E gallic acid/100 g purée, attributing this activity to the concentration of total phenolic compounds of this

Ornelas-Paz *et al.* (2007), reportaron valores de carotenos de 7 diferentes cultivares de mangos cosechados en México entre 0.4 y 7.7 mg/100g de muestra, siendo el cultivar Haden con la mayor concentración de carotenoides (7.7 mg/100 g de muestra), mientras que el cultivar Ataulfo y Kent presentan un promedio de 2.4 y 3.2 mg/100g de muestra, lo que coincidiría con los resultados obtenidos en este estudio.

Los valores obtenidos en esta investigación en la concentración de tocoferoles totales de las tres pastas analizadas se encuentran dentro del rango de valores reportados por Charoensiri *et al.* (2009) para la concentración de tocoferoles totales de los principales cultivares de mango consumidos en Tailandia (Kheosawoei, Nahmdawgmai y Rad con valores de 0.35 y 1.45 mg/100 g de pulpa de mango; respectivamente). Mientras que Ornelas-Paz *et al.* (2007), reportaron valores entre 200 y 500 µg/100g de pulpa de 7 cultivares de mango cosechados en México (Haden, Ataulfo, Tommy Atkins, Manila, Kent y Paraiso; variedad Criollo). Siendo los cultivares Tommy Atkins y Haden los que obtuvieron los contenidos más altos con 500 y 399 µg/100g de pulpa, respectivamente.

En otros cultivos como *Glechoma longituba* se encontró altas variaciones de la concentración de flavonoides totales y otros compuestos bioactivos, dependiendo del origen geográfico, así mismo, se encontró una correlación positiva entre el hierro y fósforo del suelo, la temperatura y humedad como factores claves en la variación de los compuestos bioactivos (Jin *et al.*, 2018). Este mismo efecto se detectó en el cultivo del ajo (*Allium sativum* L.) donde se determinó que el genotipo, varias prácticas de cultivo, así como las condiciones de post-cosecha influyen en el potencial bioactivo del ajo (Martins *et al.*, 2016). También en el cultivo de *Passiflora setacea* se ha descrito que la concentración de compuestos fenólicos, flavonoides y vitamina C es mayor en las temporadas de lluvia que en las temporadas secas, para el caso particular de la vitamina C se encontró que hasta las técnicas de cultivo pueden influenciar la concentración de esta (De Carvalho *et al.*, 2018)

Actividad antioxidante de pasta de subproductos de mango

Manthey & Perkins-Veazie (2009), determinaron la capacidad de atrapar el radical DPPH• de 5 cultivares de mango (Tommy Atkins, Haden, Kent, Keitt y Ataulfo) de distintos países (Perú, Brasil, Ecuador y México) reportando que el cultivar de mango Ataulfo de México presentó la mayor actividad con un promedio de 104.2 mg E. ácido gálico/100 g de puré, atribuyendo esta actividad a la concentración de compuestos fenólicos totales de este cultivar (109.3 mg E.

cultivar (109.3 mg E gallic acid/100 g purée). According to the results of Khammuang & Sarnthima, (2011) and Soong *et al.* (2004) a positive correlation exists between total phenolic compounds and antioxidant activity of mango seed.

Moreover, mangiferin content is also related to the capture capacity of the radical DPPH•, existing evidence that it is a strong antioxidant and chelator of metal ions (Shah *et al.*, 2010).

With respect to the capacity of capturing stable ABTS•⁺ cation, Kuskoski *et al.* (2005) determined the antioxidant activity as equivalent to vitamin C of tropical fruit pulp and reported 224.7 mg EVC/100g in mango pulp sample. Maisuthisakul & Gordon, (2009) analyzed the antioxidant activity of Chok-Anan mango seed by the ABTS•⁺ method, showing an activity of 0.75 mmol of Trolox/g sample. Dorta *et al.* (2012) reported an antiradical activity of 16.7 g TE/100 g p.s. in skin and 11.5 g TE/100 g p.s. in seed of mango Keit.

The phenolic and carotenoid compounds and vitamin C in mango skin and seed are good donors of electrons that can reduce Fe³⁺ to the ferrous form (Chung *et al.*, 2002), indicating such capacity as that of the analyzed mango paste.

The results obtained in the chelating activity of the analyzed mango extracts agree with that suggested by Pitchaon (2011), mentioning that metal chelating activity is the highest in accordance to phenolic content. Maisuthisakul & Gordon (2009) reported that mango embryo of Chok-Anan cultivar showed a chelating activity slightly greater (68.4 µg/mL) compared to gallic acid (65.5 µg/mL) in *in vitro* assays with ferrous ion (Fe²⁺) complex and ferrozine, which also indicated that such activity was related to the concentration and structure of the phenolic compounds present in the extract.

Maisuthisakul & Gordon (2009) assessed the effect of drying (sun and oven) different solvents (water and ethanol) on the antioxidant activity of Chok-Anan mango seeds. They found that mango seed extracts protected against linoleic acid oxidation in 71.0 ± 6.4 at 105 ± 3.9 AA₅₀ (antioxidant activity) which were more efficient than cumarin with 94.9 ± 0.1 .

ácido gálico/100 g de puré). De acuerdo con los resultados de las investigaciones de Khammuang & Sarnthima (2011) y Soong *et al.* (2004), existe una correlación positiva entre los compuestos de fenólicos totales y la actividad antioxidante de la semilla de mango.

Además, el contenido de mangiferina también está relacionado con la capacidad de atrapamiento del radical DPPH•, existe evidencia que esta es un fuerte antioxidante y un quelador de iones metálicos (Shah *et al.*, 2010).

En lo que respecta a la capacidad de atrapar al catión estable ABTS•⁺, Kuskoski *et al.* (2005), determinaron la actividad antioxidante como equivalente a vitamina C de pulpa de frutos tropicales y reportaron en pulpa de mango 224.7 mg EVC/100g muestra. Maisuthisakul & Gordon (2009), analizaron la actividad antioxidante por el método ABTS•⁺ de la semilla de mango del cultivar Chok-Anan, presentando una actividad antioxidante de 0.75 mmol de Trolox/g de muestra. Por su parte Dorta *et al.* (2012) reportaron una actividad antiradical del mango Keit de 16.7 g TE/100 g p.s. en cascara y de 11.5 g TE/100 g p.s. en semilla.

Los compuestos fenólicos, carotenoides y vitamina C presentes en la cáscara y semilla del mango son buenos donadores de electrones y pueden reducir Fe³⁺ a la forma ferrosa (Chung *et al.*, 2002), lo que indicaría dicha capacidad de las pastas de mango analizadas.

Los resultados obtenidos de la actividad quelante de los extractos de mango analizados concuerdan con lo sugerido por Pitchaon (2011), donde menciona que la actividad quelante de metales es más alta, de acuerdo con el contenido fenólico. Maisuthisakul & Gordon (2009), reportaron que el embrión de mango del cultivar Chok-Anan presenta actividad quelante ligeramente mayor (68.4 µg/mL), en comparación con el ácido gálico (65.5 µg/mL) en ensayos *in vitro* con complejos de iones ferroso (Fe²⁺) y ferrozina; además, indica que dicha actividad está relacionada con la concentración y estructura de compuestos fenólicos presentes en el extracto.

Maisuthisakul & Gordon (2009) evaluaron el efecto del secado (al sol y en horno) y de diferentes solventes (agua y etanol) sobre la actividad antioxidante de semillas de mango del cultivar Chok-Anan. Encontraron que los extractos de semilla de mango protegían contra la oxidación del ácido linoleico en 71.0 ± 6.4 a 105 ± 3.9 AA₅₀ (actividad antioxidante) siendo más eficientes que la cumarina con 94.9 ± 0.1 .

In response to an oxidative imbalance, cells produce antioxidants of different chemical nature, as defense molecules, can eliminate or neutralize free radicals. When mango fruit is exposed to a low UV light flux (0.6 J cm^{-2}) the phytochemical content may increase 130 % in pulp and 197 % in skin. Likewise, total antioxidant activity in pulp increases up to 130 % and 145 % in skin. However, vitamin C is only preserved 40 % in pulp while the content decreases up to 50 % in skin (Lopes *et al.*, 2016).

On the other hand, hot water treatments (as pest control) in a temperature range from 46-47 °C and time from 5-90 min have been identified to regulate the transcriptions that codifies the supposed adhesion proteins of cell surface, transcription factors sensitive to ethylene, Arabic proteins, stress responses, cytochrome p450, kinases for the processes related with defense, fatty acid metabolism, flavonoids and biosynthesis of volatile esters, as well as genes associated to photosynthesis (Dautt-Castro *et al.*, 2018).

Conclusions

The paste obtained from mango pulping sub-products of Ataulfo cultivar showed both the greatest antioxidant activity and highest bioactive compound concentration, of which total phenolic compounds were the main constituents. Based on statistical correlation results, we may conclude that antioxidant activity of Ataulfo paste was the main function of total phenolic compound concentration.

References

- Abdalla, A. E. M., Darwish, S. M., Ayad, E. H. E. and El-Hamahmy, R. M. (2007). Egyptian mango by-product 1. Compositional quality of mango seed kernel. *Food Chemistry*, 103: 1134–1140. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.017>
- Abdeldaiem, M. H. & Hoda, G. M. A. (2012). Use of irradiated mango (*Mangifera indica* L.) peels powder as potential source of dietary fiber and antioxidant in beef burger. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(7): 3677–3687. <http://www.ansciweb.com/old/jasr/jasr/2012/3677-3687.pdf>
- Ajila, C. M., Aalami, M., Leelavathi, K. and Prasada-Rao, U. J. S. (2010). Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11: 219–224. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.10.004>
- Ajila, C. M., Bhat, S. G. and Prasada-Rao, U. J. S. (2007a). Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chemistry*, 102(4): 1006–1011. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.036>

En respuesta a un desequilibrio oxidativo, las células producen antioxidantes de diferente naturaleza química como moléculas de defensa que pueden eliminar o neutralizar los radicales libres. Cuando se expone los frutos de mango a un flujo bajo de luz UV (0.6 J cm^{-2}) puede incrementarse el contenido fitoquímico en un 130 % en pulpa y un 197 % en cascara. Así mismo la actividad antioxidante total en pulpa se incrementa hasta un 130 % y en cascara un 145 %. Sin embargo, la vitamina C solo se conserva en un 40 % en pulpa, mientras que en la cascara el contenido decrece hasta en un 50 % (Lopes *et al.*, 2016).

Por otra parte, se han identificado que el tratamiento de agua caliente (como control de plagas) en un rango de temperatura de 46-47°C y de tiempo de 5-90 min regula las transcripciones que codifican las supuestas proteínas de adhesión de la superficie celular, los factores de transcripción sensibles al etileno, las proteínas arábicas, las respuesta al estrés, el citocromo p450, las quinasas para los procesos relacionados con las defensas, el metabolismo de ácidos grasos, flavonoides y la biosíntesis de ésteres volátiles, así como los genes asociados a la fotosíntesis (Dautt-Castro *et al.*, 2018).

Conclusiones

La pasta obtenida a partir de subproductos del despulpado de mango del cultivar Ataulfo presentó tanto la mayor actividad antioxidante como la más alta concentración de compuestos bioactivos, siendo los compuestos fenólicos totales los principales constituyentes. En base a los resultados estadísticos de correlación, se puede sugerir que la actividad antioxidante de la pasta del cultivar Ataulfo fue función principalmente de la concentración de compuestos fenólicos totales.

- Ajila, C. M., Naidu, K. A., Bhat, S. G. and Prasada-Rao, U. J. S. (2007b). Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chemistry*, 105: 982-988. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.052>
- Berardini, N., Fezer, R., Conrad, J., Beifuss, U., Carle, R. and Schieber, A. (2005). Screening of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars for their contents of flavonol O- and xanthone C-glycosides, anthocyanins, and pectin. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53: 1563–70. <https://doi.org/10.1021/jf0484069>
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. and Chern, J. C. (2002) Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10: 178-182. <https://www.fda.gov/tw/EN/publishjfdalistContent.aspx?id=27>
- Charoensiri, R., Kongkachuichai, R., Suknicom, S. and Sungpuag, P. (2009). Beta-carotene, lycopene, and alpha-tocopherol contents of selected Thai fruits. *Food Chemistry*, 113(1): 202–207. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.074>
- Chena, J. P., Tai, C. Y. and Chen, B. H. (2004). Improved liquid chromatographic method for determination of carotenoids in taiwanese mango (*Mangifera Indica* L.). *Journal Chromatography*, 1054(1-2): 261–268. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.08.100>
- Chung, Y. C., Chang, C. T., Chao, W. W., Lin, C. F. and Chou, S. T. (2002). Antioxidant activity and safety of the 50% ethanolic extract from red bean fermented by *Bacillus subtilis* IMR-NK1. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(8): 2454–2458. <https://doi.org/10.1021/jf011369g>
- COFUPRO. (Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce). (2003) [Last checked: December 11th 2018]
- Corral-Aguayo, R. D., Yahia, E. M., Carrillo-Lopez, A. and González-Aguilar, G. (2008). Correlation between some nutritional components and the total antioxidant capacity measured with six different assays in eight horticultural crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(22): 10498–10504. <https://doi.org/10.1021/jf801983r>
- Dautt-Castro, M., Ochoa-Leyva, A., Contreras-Vergara, C. A., Muhlia-Almazán, A. and Rivera-Domínguez, M., Casas-Flores, S., Martínez-Tellez, M. A., Sañudo-Barajas, A., Osuna-Enciso, T., Baez-Sañudo, M. A., Quiroz-Figueroa, F. R., Kuhn, D. N. and Islas-Osuna, M. A., (2018). Mesocarp RNA-Seq analysis of mango (*Mangifera indica* L.) identify quarantine postharvest treatment effects on gene expression. *Scientia Horticulturae*, 227(3): 146–153. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.031>
- De Carvalho, M. V. O., de Oliveira, L. de L. and Costa, A. M., (2018). Effect of training system and climate conditions on phytochemicals of *Passiflora setacea*, a wild *Passiflora* from Brazilian savannah. *Food Chemistry*, 266(15): 350–358. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.097>
- Dorta, E., Lobo, M. G. and Gonzalez, M. (2012). Reutilization of mango byproducts: study of the effect of extraction solvent and temperature on their antioxidant properties. *Journal of Food Science*, 77(1): C80–88. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02477.x>
- Dürüst, N., Sümengen, D. and Dürüst, Y. (1997). Ascorbic acid and element contents of Trabzon (Turkey). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(6): 2085–2087. <https://doi.org/10.1021/jf9606159>
- Franke, A. A., Custer, L. J., Araraki, C. and Murphy, S. P. (2004). Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17(1): 1–35. [https://doi.org/10.1016/S0889-1575\(03\)00066-8](https://doi.org/10.1016/S0889-1575(03)00066-8)
- García-Magaña, M., García, H. S., Bello-Pérez, L., Sáyago-Ayerdi, S. G. and Mata-Montes, O. M. (2013). Functional properties and dietary fiber characterization of mango processing by-products (*Mangifera indica* L., cv Ataulfo and Tommy Atkins). *Plant foods for human nutrition*, 68 (3): 254-258. <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0364-y>
- Gil, M. I., Aguayo, E. and Kader, A. A. (2006). Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(12): 4284–4296. <https://doi.org/10.1021/jf060303y>
- Guicin, I., Buyukokuroglu, M. and Kufrevioglu, L. (2003). Metal chelating and hydrogen peroxide scavenging effects of melatonin. *Journal of Pineal Research*, 34(4): 278-281. <https://doi.org/10.1034/j.1600-079X.2003.00042.x>
- Hinneburg, I., Damien-Dorman, H. J. and Hiltunen, R. (2006). Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices. *Food Chemistry*, 97(1): 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.028>
- Jin, L., Liu, L., Guo, Q., Wang, L. and Zou, J., (2018). Variation in bioactive compounds of *Glechoma longituba* and its influential factors: Implication for advanced cultivation strategies. *Scientia Horticulturae*, 244: 182–192. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.047>

- Khammuang, S. & Sarnthima, R. (2011). Antioxidant and antibacterial activities of selected varieties of thai mango seed extract. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 24(1): 37–42. <http://www.pjps.pk/wp-content/uploads/pdfs/CD-PJPS-24-1-11/Paper-7.pdf>
- Kim, Y., Lounds-Singleton, A. J. and Talcott, S. T. (2009). Antioxidant phytochemical and quality changes associated with hot water immersion treatment of mangoes (*Mangifera indica* L.). *Food Chemistry*, 115(3): 989–993. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.01.019>
- Kittiphoom, S. (2012). Utilization of mango seed. *International Food Research Journal*, 19(4): 1325–1335. [http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20\(04\)%202012/5%20IFRJ%2019%20\(04\)%202012%20Kittiporn%20\(375\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20(04)%202012/5%20IFRJ%2019%20(04)%202012%20Kittiporn%20(375).pdf)
- Kivçak, B., & Akay, S. (2005). Quantitative determination of alpha-tocopherol in *Pistacia lentiscus*, *Pistacia lentiscus* var. chia, and *Pistacia terebinthus* by TLC-densitometry and colorimetry. *Fitoterapia*, 76(1): 62–66. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2004.09.021>
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G. and Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., and Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Ciência and Technology*, 25(4): 726–732. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>
- Lee, S. K. & Kader, A. (2000). A Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20(3): 207–220. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00133-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00133-2)
- Legesse, M. B. & Emire, S. A. (2012). Functional and physicochemical properties of mango seed kernels and wheat flour and their blends for biscuit production. *African Journal of Food Science and Technology*, 3: 193–203. <https://www.interestjournals.org/archive/ajfst-volume-3-issue-9-year-2012.html>
- Lopes, M. M. A., Silva, E. O., Canuto, K. M., Silva, L. M. A., Gallão, M. I., Urban, L., Ayala-Zavala, J. F. and Miranda, M. R. A., (2016). Low fluence pulsed light enhanced phytochemical content and antioxidant potential of 'Tommy Atkins' mango peel and pulp. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33: 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.12.019>
- Maisuthisakul, P. & Gordon, M. H. (2009). Antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of mango seed kernel by product. *Food Chemistry*, 117(2): 332–341. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.010>
- Manthey, J. & Perkins-Veazie, P. (2009). Influences of harvest date and location on the levels of β -carotene, ascorbic acid, total phenols, the in vitro antioxidant capacity, and phenolic profiles of five commercial varieties of mango (*Mangifera indica* L.). *Journal Agricultural Food Chemistry*, 57(22): 10825–10830. <https://doi.org/10.1021/jf902606h>
- Martínez-Valverde, I. M., Periago, J. and Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos en la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50: 5–18. https://www.researchgate.net/publication/262551532_Significado_nutricional_de_los_compuestos_fenolicos_de_la_dieta
- Martins, N., Petropoulos, S. and Ferreira, I. C. F. R., (2016). Chemical composition and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum* L.) as affected by pre- and post-harvest conditions: A review. *Food Chemistry*, 211: 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.029>
- Masibo, M. & He, Q. (2008). Major mango polyphenols and their potential human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7: 309–319. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00047.x>
- Masibo, M. & He, Q. (2009). Mango Bioactive Compounds and Related Nutraceutical Properties—A Review. *Food Reviews International*, 25(4): 346–370. <https://doi.org/10.1080/87559120903153524>
- Morales, F. J. & Jiménez-Pérez, S. (2001). Free radical scavenging capacity of Maillard reaction products as related to colour and fluorescence. *Food Chemistry*, 72: 119–125. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00239-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00239-9)
- Núñez-Sellés, A. J. (2005). Antioxidant therapy: myth or reality? *Journal Brazilian Chemical Society*, 16(4): 699–710. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532005000500004>
- Ornelas-Paz, J. D. J., Yahia, E. M. and Gardea-Bejar, A. (2007). Identification and quantification of xanthophyll esters, carotenes, and tocopherols in the fruit of seven Mexican mango cultivars by liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization-time-of-flight mass spectrometry [LC-(APCl(+))-MS]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(16): 6628–6635. <https://doi.org/10.1021/jf0706981>
- Padmaja, A. & Prasad, N. B. L. (2012). Improvement in oxidative stability of soybean oil by mango kernel extracts. *Journal of Food Science and Engineering*, 2: 95–105. https://www.researchgate.net/publication/282314714_Improvement

[in_Oxidative_Stability_of_Soybean_Oil_by_Mango_Kernel_Extracts](#)

- Pitchaon, M. (2011) Antioxidant capacity of extracts and fractions from mango (*Mangifera indica* Linn.) seed kernels. *International Food Research Journal*, 18(4): 523–528. <http://www.ifrj.upm.edu.my/volume-18-2011.html>
- Pott, I., Marx, M., Neidhart, S., Mühlbauer, W. and Carle, R. (2003). Quantitative determination of beta-carotene stereoisomers in fresh, dried, and solar-dried mangoes (*Mangifera indica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(16): 4527–31. <https://doi.org/10.1021/jf034084h>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 26(9-10): 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Reyes, L. F., Villarreal, J. E. and Cisneros-Zevallos, L. (2007). The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. *Food Chemistry*, 101(3): 1254–1262. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.032>
- Ribeiro, S. M. R. & Schieber, A. (2010). Bioactive Compounds in Mango (*Mangifera indica* L.). In: *Bioactive Foods in Promoting Health: Fruits and Vegetables*. Watson, R. R. and Preedy, V. R., Ed., 1st ed. 507–523 pp. San Diego, CA, USA. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374628-3.00034-7>
- Ribeiro, S. M. R., Queiroz, J. H., Lopes, M. E. L. R., Milagres, F. C. & Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2007). Antioxidant in mango (*Mangifera indica* L.) pulp. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62(1): 13–17. <https://doi.org/10.1007/s11130-006-0035-3>
- Schieber, A., Berardini, N. and Carle, R. (2003). Identification of flavonol and xanthone glycosides from mango (*Mangifera indica* L. Cv. "Tommy Atkins") peels by high-performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(17): 5006–11. <https://doi.org/10.1021/jf030218f>
- Shah, K., Patel, M. B., Patel, R. J. and Parmar, P. K. (2010). *Mangifera indica* (mango). *Pharmacognosy reviews*, 4 (87)(7): 42-48. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.65325>
- Somkuwar, D. & Kamble, V. (2013). Phytochemical screening of ethanolic extracts of stem, leaves, flower and seed kernel of *Mangifera indica* L. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 4: 383–389. <https://ijpbs.net/archive-issue.php?issueid=22>
- Soong, Y. Y., Barlow, P. J. & Perera, C. O. (2004). A identification cocktail of polyphenols, phytonutrients: phytosterols and tocopherols from mango (*Mangifera indica* L.) seed kernel. In: IFT annual meeting. Las Vegas, NV, USA. <http://www.ift.org/Meetings-and-Events/Past-Meeting-Resources/Technical%20Abstract%20Search%20Details.aspx?id=15990>
- Stintzing, F. C., Herbach, K. M., Mosshammer, M. R., Carle, R., Yi, W., Sellappan, S. and Felker, P. (2005). Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(2): 442–451. <https://doi.org/10.1021/jf048751y>
- Talcott, S. T. & Howard, L. R. (1999). Phenolic autoxidation is responsible for color degradation in processed carrot puree. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(5): 2109–2115. <https://doi.org/10.1021/jf981134n>
- Vankar, P. S., Tiwari, V., Singh, L. W. and Swapana, N. (2006). Antioxidant properties of some exclusive species of Zingiberaceae Family of Manipur. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 5(2): 1318-1322. <https://firmanjaya.files.wordpress.com/2008/08/antioxidant-properties-of-some-exclusive-species-of-zingiberaceae-family.pdf>
- Vrolijk, M. F., Opperhuizen, A., Jansen, E. H. J. M., Godschalk, R. W., Van Schooten, F. J., Bast, A. and Haenen, G. R. M. M., (2015). The shifting perception on antioxidants: The case of vitamin E and β -carotene. *Redox Biology*, 4: 272–278. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2014.12.017>
- Yahia, E. M., Ornelas-Paz, J. J. and Gardea, A. (2006). Extraction, separation and partial identification of 'Ataulfo' mango fruit carotenoids. *Acta Horticola*, 712: 333-338. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.712.37>
- Zamorano, M., Pérez, J. I., Pavés, I. A. and Ridao, Á. R. (2007). Study of the energy potential of the biogas produced by an urban waste landfill in Southern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(5): 909–922. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.05.007>
- Zhishen, J., Mengcheng, T. and Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4): 555-559. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)