

Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2016, 33: 216-231

Caracterización físico-química y actividad antioxidante de frutos de mango (*Mangifera indica*) cv. Tommy Atkins

Physico-chemical characterization and antioxidant activity
of mango fruits (*Mangifera indica*) cv. Tommy Atkins

Caracterização química e atividade antioxidante em frutos
de manga (*Mangifera indica*) cv. Tommy Atkins

Viluzca Fernández-Palmar*, Josue David Hernández Varela y
Betzabe Sulbarán Rodríguez

Laboratorio de Alimentos, Facultad Experimental de Ciencias, Univer-
sidad del Zulia, Apartado 526, Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

Resumen

El mango es uno de los frutos de más amplio consumo en Venezuela, posee un elevado contenido de vitaminas, principalmente C y es una fuente de compuestos antioxidantes los cuales han sido asociados a la prevención de diversas enfermedades degenerativas. El objetivo de este estudio fue evaluar la caracterización físico-química y evaluación de la actividad antioxidante de frutos de mango (*Mangifera indica*) cv. "Tommy Atkins" cultivados en el estado Zulia. Las muestras fueron obtenidas del Centro Socialista de Investigación y Desarrollo Frutícola y Apícola del Zulia ubicado en el municipio Mara, estado Zulia. Las variables físico-químicas fueron evaluados mediante los métodos establecidos por la AOAC (Association of Official Analytical Chemist). La actividad antioxidante se determinó empleando el método de decoloración del radical catión ABTS^{•+} (ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolona-6-sulfónico), utilizando Trolox y ácido ascórbico como estándares de referencia y el contenido de polifenoles totales empleando el método del reactivo de Folin-Ciocalteu. Los resultados de las variables físico-químicas fueron: contenido de humedad 83,36%; pH 4,15; sólidos totales 16,33 °Brix; acidez titulable 0,41 mg de ácido cítrico y ácido ascórbico 37,51 mg.100 g⁻¹. La actividad antioxidante equivalente a Trolox (TEAA) y vitamina C (VCEAA) fue 0,18 mM TEAA.g⁻¹ y 27,86 mg VCEAA.g⁻¹, respectivamente. El contenido de polifenoles totales en la muestra fue de 33,61±0,99 mg GAE.100g⁻¹. Los frutos de mango presentaron actividad antioxidante comparable con la obtenida

Recibido el 19-05-2015 ● Aceptado el 06-05-2016
Autor de correspondencia e-mail: fvilu12@gmail.com

para otros frutos tropicales, son una fuente de compuestos antioxidantes que se puede aprovechar en la obtención de nuevos productos con importantes características nutricionales y funcionales.

Palabras clave: mango, polifenoles, ABTS, actividad antioxidante.

Abstract

Mango is one of the most widely eaten tropical fruit consume in Venezuela, it has a high content of vitamins, especially C and is a source of antioxidant compounds which have been associated with the prevention of different degenerative diseases. The aim of this research was to study the physico-chemical characterization and evaluation of the antioxidant activity of mango (*Mangifera indica*) cv. "Tommy Atkins". Samples were obtained from the Socialist Center of Fruit and Beekeeping Research and Development located in Mara, Zulia state. The physico-chemical variables were evaluated by the AOAC methods (Association of Official Analytical Chemists). The antioxidant activity was determined using the bleaching method of radical cation ABTS^{•+} (2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfonic acid), Trolox and ascorbic acid, using as reference standards the total polyphenol content by the method of Folin-Ciocalteu reagent. The results of the physico-chemical parameters were: moisture content 83.36 %; pH 4.15; total solids as °Brix 16.33, titratable acidity as citric acid 0.41 and ascorbic acid 37.51 mg.100g⁻¹. The Trolox equivalent antioxidant activity (TEAA) and vitamin C (VCEAA) was 0.18 m MTEAA.g⁻¹ and 27.86 mg VCEAA.g⁻¹, respectively. The total polyphenol content was 33.61±0.99 mg GAE.100g⁻¹. Mango fruits showed antioxidant activity compared to the obtained for other tropical fruits, so they are a source of antioxidant compounds that can be exploited in the development of new products with nutritional and functional importance.

Key words: mango, polyphenols, antioxidant, ABTS, antioxidant activity.

Resumo

A manga é uma das frutas mais consumidas em Venezuela e possui um conteúdo muito grande de vitaminas, principalmente a vitamina C, além disso, é uma fonte de compostos antioxidantes os quais têm sido associados à prevenção de muitas enfermidades degenerativas. O objetivo deste estudo foi a caracterização físico-química e avaliação da atividade antioxidante de frutos de manga (*Mangifera indica*) cv. "Tommy Atkins" cultivados no estado Zulia. As mostras foram obtidas do Centro Socialista de Investigação e Desenvolvimento Frutícola y Apícola do estado Zulia situado no município Mara, estado Zulia. Os parâmetros físico-químicos foram avaliados mediante os métodos estabelecidos por a AOAC (Association of Official Analytical Chemist). A atividade antioxidante determinou-se empregando o método de descoloração do radical cátion ABTS^{•+} (ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina-6- Sulfônico), utilizando Trolox e ácido ascórbico como padrão de referencia e o conteúdo de polifenóis totais empregando o método do reativo de

Folin-Ciocalteu). Os resultados dos parâmetros físico-químicos foram: conteúdo de umidade 83,36%; pH 4,15; sólidos totais 16,33 °Brix; acidez titulável 0,41 mg de ácido cítrico e ácido ascórbico 37,51 mg.100 g⁻¹. A atividade antioxidante equivalente à Trolox (TEAA) e vitamina C (VCEAA) foi 0,18 mm TEAA.g⁻¹ e 27,86 mg VCEAA.g⁻¹, respectivamente. O conteúdo de polifenóis totais na mostra foi 33,61±0,99 mg GAE.100g⁻¹. As frutas de manga apresentaram atividade antioxidante comparável com a obtida para outros frutos tropicais, estes são uma fonte de compostos antioxidantes que podem ser aproveitados na obtenção de novos produtos com importantes características nutricionais e funcionais.

Palavras chave: manga, polifenóis, ABTS, atividade antioxidante.

Introducción

El mango (*Mangifera indica*) es un árbol, de hojas alternas, lanceoladas, pecioladas, con flores pequeñas de tono verde-amarillento, de inflorescencia en forma de panícula terminal o axilares. El fruto es una drupa de color amarillo-rojizo comestible perteneciente a la familia Anacardiaceae que en los últimos años ha pasado a ser un valioso y económicamente importante fruto tropical en todo el mundo debido a su composición, sabor y calidad nutricional (Azeredo *et al.*, 2006; PANAPO, 1994; Avilán y Rengifo, 1990). Es uno de los frutos tropicales más ampliamente consumidos debido a su sabor único, color atractivo, asequibilidad y cualidades nutricionales. Es una rica fuente de vitaminas, ácidos orgánicos, hidratos de carbono, aminoácidos, ácidos fenólicos (por ejemplo, ácido gálico, ácido cafeico, y ácido tánico) (Afifa *et al.*, 2014). El fruto puede ser considerado como una importante fuente de antioxidantes, especialmente vitamina C y carotenoides por lo cual su consumo regular provee una cantidad significativa de estos compuestos para el organismo (Palafox-Carlos *et al.*, 2013; Pierson *et al.*, 2014).

Introduction

Mango (*Mangifera indica*) is a tree with alternate, lanceolate, petiolate leaves with green-yellowish small flowers with inflorescence with a terminal or axilar panicle shape. The fruit is an eatable yellowish-reddish drupe that belongs to the Anacardiaceae family and in the last years it has become into a valuable and economically important tropical fruit worldwide due to its composition, taste and nutritional quality (Azeredo *et al.*, 2006; PANAPO, 1994; Avilán and Rengifo, 1990). It is the tropical fruit with the highest consumption due to its unique taste, attractive color and nutritional qualities. It is a rich source of vitamins, organic acids, carbon hydrates, aminoacids, and phenol acids (such as gallic acids, caffeic acid and tannic acid) (Afifa *et al.*, 2014). The fruit might be considered as an important source of antioxidants, specially vitamin C and carotenoids; thus, its regular consumption provides a significant quantity of these compounds for the organism (Palafox-Carlos *et al.*, 2013; Pierson *et al.*, 2014).

In the last years the epidemiologic evidences have increased confirming that fruits are important

En los últimos años se han incrementado las evidencias epidemiológicas que confirman que las frutas son una fuente importante de antioxidantes en la dieta por lo cual el estudio de sus propiedades funcionales son cada vez más importantes (Souza *et al.*, 2008; Contreras-Calderón *et al.*, 2010; Almeida *et al.*, 2011; Moo-Huchin *et al.*, 20014), en Venezuela el mango es un fruto ampliamente cultivado con una producción de 40.045 t.año⁻¹ para el 2015 (FEDEAGRO, 2016). Su consumo está ampliamente difundido en Venezuela ya sea como producto fresco o procesado (mermeladas, jugos, jaleas, conservas) por esta razón en esta investigación el objetivo principal fue la caracterización físico-química y la evaluación de la actividad antioxidante del fruto de mango (*Mangifera indica*) cv. “Tommy Atkins” empleando el método del ión radical ABTS.

Materiales y métodos

Recolección de la muestra

Los frutos de mango (*M. indica*) en estado de madurez de consumo fueron muestreados de forma aleatoria y sistemática, de plantas sanas cultivadas en el Centro Socialista de Investigación y Desarrollo Frutícola y Apícola del Zulia, ubicado en el Km 27, vía San Rafael del Mojan, municipio Mara, estado Zulia.

Tratamiento de la muestra

Se recolectaron tres (3) lotes de tres (3) kilogramos (aproximadamente 12-15 unidades por lote), de acuerdo a lo señalado por la norma COVENIN 1769-81. Los frutos fueron recolectados en estado de madurez fisiológica y

source of antioxidant in the diet, thus the study of their functional properties are very important (Souza *et al.*, 2008; Contreras-Calderón *et al.*, 2010; Almeida *et al.*, 2011; Moo-Huchin *et al.*, 20014), in Venezuela mango is a widely cropped fruit with a production of 40,045 t.year⁻¹ for 2015 (FEDEAGRO, 2016).

Its consumption is widely distributed in Venezuela, both fresh and processed (jellies, juices and sweets) for this reason, the main objective of this research was to carry out a physico-chemical characterization and the evaluation of the antioxidant activity of mango (*Mangifera indica*) cv. “Tommy Atkins” using the radical ion method ABTS.

Materials and methods

Collection of the sample

Mango fruits (*M. indica*) in ripening phase for the consumption were sampled at random and systematically from healthy plants cropped in the Socialist Center of Fruit and Beekeeping Research and Development of Zulia, located on Km 27, San Rafael Mojan, Mara county, Zulia state.

Treatment of the sample

Three (3) plots of three (3) kilograms (about 12-15 units per plot) were collected according to the COVENIN 1769-81 norms. The fruits were collected in physiologic ripening and stored at environment temperature until their complete ripening (ripening for consumption) for which the observation of the fruits was done considering the softness and co-

se almacenaron a temperatura ambiente hasta la maduración completa (madurez de consumo) para lo cual se realizó la observación de los frutos tomando en cuenta la suavidad y color de la piel (epicarpio), posteriormente, fueron lavados, pesados y separados en cada una de sus partes (semillas, epicarpio y mesocarpio), la pulpa (mesocarpio) fue almacenada protegida de la luz en bolsas herméticas a -19°C hasta su análisis.

Análisis químico:

Características físico-químicas evaluadas: una vez preparadas las muestras se evaluaron las características físico-químicas: contenido de humedad (A.O.A.C. 22008), acidez titulable (A.O.A.C. 22060), sólidos solubles expresados en grados $^{\circ}\text{Brix}$ (A.O.A.C. 22024), pH (A.O.A.C. 981.12) y contenido de vitamina C o ácido ascórbico (A.O.A.C. 1295). Todos los análisis se realizaron por triplicado.

Actividad antioxidante y contenido de polifenoles totales

Preparación y obtención de los extractos. La extracción de los compuestos polifenólicos y antioxidantes se realizó según Araya *et al.* (2006), para ello 1 g de muestra fue mezclada con 10 mL de etanol (99,9% de pureza) y la mezcla fue sometida a agitación magnética por 1 h para finalmente centrifugarla a 12000 rpm por 20 min. El sobrenadante obtenido fue almacenado en envases ámbar a -15°C hasta su análisis, el cual se realizó en un tiempo máximo de 48 h luego de la obtención del extracto.

Evaluación de la actividad antioxidante. La actividad antioxidante de las muestras se determinó por el método ABTS inicialmente reportado por Miller *et al.* (1996), con algunas

lora de la piel (epicarp); later, the fruits were washed, weighted and separated on each of their parts (seeds, epicarp and mesocarp), the pulp (mesocarp) was stored protected by the light in hermetic bags at -19°C until their analyses.

Chemical analysis:

Physico-chemical characteristics evaluated: once prepared the samples, the physico-chemical characteristics were evaluated such as: humidity content (A.O.A.C. 22008), tritatable acidity (A.O.A.C. 22060), soluble solids expressed in $^{\circ}\text{Brix}$ (A.O.A.C. 22024), pH (A.O.A.C. 981.12) and content of vitamin C or ascorbic acid (A.O.A.C. 1295). All the analysis were done three times.

Antioxidant activity and content of total polyphenols

Preparation and obtaining of the extracts. The extraction of the polyphenolic compounds and antioxidants was performed according to Araya *et al.* (2006), where 1 g of the sample was mixed to 10 mL of ethanol (99.9% of pureness) and the mix was submitted to magnetic agitation for 1 h, for centrifuging it at 12000 rpm for 20 min. The supernatant obtained was stored in amber containers at -15°C until its analysis, which was carried out in a maximum time of 48 h after its obtaining from the extract.

Evaluation of the antioxidant activity. The antioxidant activity of the samples was determined by the ABTS method initially reported by Miller *et al.* (1996) with some modifications (Re *et al.*, 1999), based in the oxidation of diammonium salt ABTS (2'-Azino-bis-[3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid] and posterior removal of the radical cation $\text{ABTS}^{\cdot+}$ by the antioxidant

modificaciones (Re *et al.*, 1999), basado en la oxidación de la sal diamónica ABTS (ácido 2,2'-azino-bis-(etilbenzoatiazolina-6-sulfónico) y posterior remoción del radical catión $ABTS^{\cdot+}$ por parte de los compuestos antioxidantes presentes en la muestra. El radical catión $ABTS^{\cdot+}$ se generó químicamente a partir de una solución de la sal diamónica ABTS 7,4 mM y persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$) 2,6 mM. Los extractos o solución estándar (Trolox/Ácido ascórbico) se mezclaron con la solución de $ABTS^{\cdot+}$ a 25°C. La absorbancia fue medida pasados 5 min de reacción. Los resultados fueron expresados en mmol TEAA.g⁻¹ (actividad antioxidante equivalente a Trolox, por sus siglas en inglés) y mg VCEAA.g⁻¹ (actividad antioxidante equivalente a ácido ascórbico, por sus siglas en inglés).

Contenido de polifenoles totales. Se determinaron de acuerdo a la metodología reportada por Arnous *et al.* (2001). En un tubo Eppendorf® de 1,5 mL, se añadió 0,79 mL de agua destilada, 0,01 mL de muestra diluida (2X) y 0,05 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu. Después de 1 min se adicionó 0,15 mL de solución de carbonato de sodio al 20% m.v⁻¹, se mezcló y almacenó protegido de la luz por 120 min. La absorbancia fue medida a 750 nm y la concentración total de polifenoles se calculó utilizando una curva de calibración con ácido gálico como estándar (50-500 mg.L⁻¹). Los resultados se expresaron en mg.100g⁻¹ de equivalentes de ácido gálico.

Diseño experimental

El diseño experimental empleado en esta investigación fue totalmente aleatorizado, se procesaron un total

compounds present in the sample. The radical cation $ABTS^{\cdot+}$ generated chemically after a solution of diammonium salt ABTS 7.4 mM and potassium persulphate ($K_2S_2O_8$) 2.6 mM. The extracts or standard solution (Trolox/Ascorbic acid) mixed with the $ABTS^{\cdot+}$ solution at 25°C. The absorbance was measured after 5 min of reaction. The results were expressed in mmol TEAA.g⁻¹ (antioxidant activity equal to Trolox by the acronyms in English) and VCEAA.g⁻¹ (antioxidant activity equal to ascorbic acid, by the acronyms in English).

Content of total polyphenols. This content was determined according to the methodology reported by Arnous *et al.* (2001) in an Eppendorf® tube of 1.5 mL adding 0.79 mL of distilled water, 0.01 mL of diluted sample (2X) and 0.05 mL of Folin-Ciocalteu reactive. After 1 min, 0.15 mL of the sodium carbonate solution was added at 20% m.v⁻¹, was mixed and stored protected from the light for 120 min. The absorbance was measured at 750 nm and the total concentration of polyphenols was calculated using a calibration curve with gallic acid as standard (50-500 mg.L⁻¹). The results were expressed in mg.100g⁻¹ equivalents to gallic acids.

Experimental design

The experimental design used in the current research was totally at random, a total of 30 fruits were processed and three experimental units were analyzed (three subgroups out of 10 fruits each). Nine replications were carried out from each of the variables studied; the averages and standard deviations were obtained using the Statgraphic plus software 5.1.

de 30 frutos y se analizaron tres unidades experimentales (tres subgrupos de 10 frutos cada uno). Se realizaron nueve repeticiones de cada una de las variables estudiadas, los promedios y las desviaciones estándar fueron obtenidos empleando el programa Statgraphics plus versión 5.1.

Resultados y discusión

Caracterización físico-química

En el cuadro 1 se muestran los resultados de la caracterización físico-química del fruto de mango.

El fruto de mango presentó un pH de $4,15 \pm 0,02$ ligeramente ácido, el cual favoreció la inhibición de los microorganismos facilitando así el almacenamiento y manejo poscosecha del fruto (Medina y Pagano, 2003). Los valores obtenidos para el pH fueron inferiores a los reportados por Ramírez *et al.* (2010) y Zuluaga *et al.* (2010), con valores promedio de 3,97 y 4,33 en frutos de mango cultivados en Maracaibo y Colombia, respectivamente. Las diferencias observadas podrían estar relacionadas con la región de cultivo y factores edafoclimáticos. Los resultados obtenidos se encontraron en el rango de 3,27-4,21 reportado por Villalba *et al.* (2006) en tres variedades de mangos cultivados en el Departamento de Córdoba, Colombia. Los valores fueron inferiores a los reportados por Afifa *et al.* (2014) para cuatro variedades de mango: Himsagor, Fazli, Amrupaliy Lamgra cultivadas en Brasil con valores en el rango de 4,91-6,00.

El contenido de acidez de la pulpa (mesocarpio) de mango fue de $0,41 \pm 0,00$ meq ácido cítrico.g⁻¹. Los resultados fueron similares a los repor-

Results and discussion

Physico-chemical characterization

In table 1 are shown the results of the physico-chemical characterization of mango.

Mango fruit presented a pH of 4.15 ± 0.02 slightly acid, which favored the inhibition of microorganisms, facilitating the storing and post-harvest handling of the fruit (Medina and Pagano, 2003). The values obtained for the pH were inferior to those reported by Zuluaga *et al.* (2010) and Ramírez *et al.* (2010), with average values of 3.97 and 4.33 in mango fruits cropped in Maracaibo and Colombia, respectively. The differences observed might be related to the region under cultivation and soil-climatic conditions. The results obtained were in the ranks from 3.27 to 4.21 reported by Villalba *et al.* (2006) in three varieties of mango cropped at the Department of Cordoba, Colombia. The values were inferior to those reported by Afifa *et al.* (2014) for four varieties of mango: Himsagor, Fazli, Amrupali and Lamgra cropped in Brazil, with values from 4.91 to 6.00.

The acidity content of the mango pulp (mesocarp) was of 0.41 ± 0.00 meq citric acid.g⁻¹. The results were similar to those reported by Moreno *et al.* (2010), who mentioned values of 0.39 ± 0.18 meq citric acid.g⁻¹ in mango fruit cv. Tommy Atkins cultivated in Colombia.

The values determined in this research were higher to 0.257 and 0.321 meq citric acid.g⁻¹ reported for the varieties Himsagor and Lamgra cropped in Brazil (Afifa *et al.*, 2014).

Cuadro 1. Caracterización físico-química de frutos de mango (*Mangifera indica*).**Table 1. Physico-chemical characterization of mango fruits (*Mangifera indica*).**

Muestra	pH	Vitamina C ¹ (mg.100 g ⁻¹)	Acidez ² (meq.g ⁻¹)	Humedad (%)	°Brix
Fruto mango	4,15±0,02	37,51±1,31	0,41±0,00	83,36±0,61	16,33±0,12

¹Expresada en miligramos de ácido ascórbico. ²Expresada en mili equivalente de ácido cítrico.

tados por Moreno *et al.* (2010), quienes señalaron valores de 0,39±0,18 meq ácido cítrico.g⁻¹ en fruto de mango cv. *Tommy Atkins* cultivado en Colombia.

Los valores determinados en este estudio fueron mayores a los valores de 0,257 y 0,321 meq ácido cítrico.g⁻¹ reportados para las variedades Himsagor y Lamgra cultivadas en Brasil (Afifa *et al.*, 2014).

Litz (2009) señaló que los frutos del trópico presentaron contenidos mínimos pero importantes de ácido málico y cítrico, aunque también presentaron contenidos de ácido galacturónico, tartárico, malónico, succínico y muchos otros ácidos que fueron los responsables de la acidez propia de los frutos y pueden afectar el sabor de los mismos (Moo-Huchin *et al.*, 2014).

Ramírez *et al.* (2010), reportaron valores de acidez titulable en el rango de 0,35 y 0,89 meq ácido cítrico.g⁻¹ para trece variedades de mango cultivadas en la planicie de Maracaibo, cv. *Tommy Atkins*, con un valor de 0,57 meq ácido cítrico.g⁻¹, un valor superior al obtenido para las muestras analizadas lo que podría atribuirse a las variables exógenas de los cultivos que influyeron en el cambio de las caracte-

Litz (2009) mentioned that Tropic fruits have minimum content but less important of malic and citric acid, though these also have contents of galacturonic acid, tartaric, malonic, succinic acid and many other acids responsible of the own acidity of fruits and might affect their taste (Moo-Huchin *et al.*, 2014).

Ramírez *et al.* (2010) reported values of tritatable acidity from 0.35 to 0.89 meq citric acid.g⁻¹ for three varieties of mango cultivated in Maracaibo's plain, including cv. *Tommy Atkins* with a value of 0.57 meq citric acid.g⁻¹, a superior value to the one obtained for the samples analyzed, which might be attributed to the exogen variables of the crops that influence in the change of the physico-chemical characteristics of the fruits (Litz, 2009; Fennema, 2010).

The total soluble solids expressed as °Brix were due to the presence of glucose, fructose and sucrose (Avilán and Rengifo, 1990; Fennema, 2000). The total soluble solids analyzed in mango were 16.33±0.12, in the rank from 14.9 to 19.5 °Brix mentioned by Ramírez *et al.* (2010) for 13 varieties of mango cultivated in Zulia; however, it is higher to the value of 17.32 °Brix

rísticas físico-químicas de los frutos (Litz, 2009; Fennema, 2010).

Los sólidos solubles totales expresados como °Brix se deben a la presencia de glucosa, fructosa y sacarosa (Avilán and Rengifo, 1990; Fennema, 2000). El contenido de sólidos solubles en los frutos de mango analizados fue $16,33 \pm 0,12$, el cual se encontraba en el rango de $14,9-19,5$ °Brix señalado por Ramírez *et al.* (2010), para trece variedades de mango cultivados en el estado Zulia; sin embargo, fue superior al valor de $17,32$ °Brix reportado por estos mismos autores para cv. Tommy Atkins. Zuluaga *et al.* (2010), reportó un valor de $12,41$ °Brix, inferior al obtenido en este trabajo.

El contenido de humedad (%) de los frutos de mango se encontraron en el rango de 80-85% señalado para este tipo de alimento (Fennema, 2000). Los frutos analizados presentaron contenido de humedad de $83,36 \pm 0,61$ comparable con los valores de $84,51$, $85,45$ y $84,38\%$, reportados por Ribeiro (2006), Moreno *et al.* (2010) y Zuluaga *et al.* (2010), respectivamente. Sin embargo, fueron inferiores a los señalados por Corrales-Bernal *et al.* (2014) en mango de azúcar una variedad cultivada principalmente en la región norte de Colombia, cerca de la Costa Atlántica, cuyo cultivo se ha extendido a los Departamentos de Cundinamarca, Tolima y Huila.

El contenido de vitamina C en los frutos de mangos analizados en este estudio fue de $37,51 \pm 1,31$ mg ácido ascórbico.g⁻¹ comparables con los señalados por Mgaya-Kilima *et al.* (2015), $39,3$ mg ácido ascórbico.g⁻¹ en mango de la variedad Rosselle; sin embargo, fue superior al rango de $19,79-34,59$

reported by these authors for the cv. Tommy Atkins. Zuluaga *et al.* (2010) reported a value of $12,41$ °Brix, inferior to the one obtained in this research.

The humidity content (%) of mango fruits was in the rank from 80 to 85% mentioned by this type of food (Fennema, 2000). The fruits analyzed presented humidity content of $83,36 \pm 0,61$ compared to the values of $84,51$, $85,45$ and $84,38\%$, reported by Ribeiro (2006), Moreno *et al.* (2010) and Zuluaga *et al.* (2010), respectively. However, were inferior to those mentioned by Corrales-Bernal *et al.* (2014) in sugar mango, a variety mainly cultivated in the north of Colombia, close to the Atlantic Coast, which crop has extended to Cundinamarca, Tolima and Huila.

The content of vitamin C in mangoes analyzed in this research was of $37,51 \pm 1,31$ mg ascorbic acid.g⁻¹ compared to those mentioned by Mgaya-Kilima *et al.* (2015), $39,3$ mg ascorbic acid.g⁻¹ in mango of the Rosselle variety; however, it was superior to the rank of $19,79-34,59$ mg of ascorbic acid.g⁻¹ mentioned by Ma *et al.* (2011) for eight varieties of mango in China. The values obtained in this research were in the rank of $11,0-72,12$ mg of ascorbic acid.g⁻¹ reported by Afifa *et al.* (2014), for four varieties of mango: Himsagor, Fazli, Amrupali and Lamgra cultivated in Brazil.

Villalba *et al.* (2006) mentioned that this variable might had a wide diversity even among the varieties of the same fruit, and also depends on environmental factors such as the harvest time.

mg de ácido ascórbico.g⁻¹ señalado por Ma *et al.* (2011) para ocho variedades de mango en China. Los valores obtenidos en este trabajo, se encontraron en el rango de 11,0-72,12 mg de ácido ascórbico.g⁻¹ reportados por Afifa *et al.* (2014) para cuatro variedades de mango: Himsagor, Fazli, Amrupali y Lamgra, cultivadas en Brasil.

Villalba *et al.* (2006) señalaron que esta variable podría presentar una amplia diversidad inclusive entre las variedades de un mismo fruto, y también dependió de factores ambientales, así como del tiempo de cosecha.

Actividad antioxidante y contenido de polifenoles totales

En el cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos para la evaluación de la actividad antioxidante y contenido de polifenoles en la pulpa (mesocarpio) de mango cv. Tommy Atkins cultivados en el estado Zulia.

Los compuestos fenólicos en frutas y vegetales han sido de gran interés debido a sus propiedades antioxidantes y sus inherentes beneficios para la salud (Araújo *et al.*, 2014). El contenido de polifenoles totales en los frutos fue de 33,61±0,99 mg GAE.100 g⁻¹ el cual se encontró en el rango de 8,71±3,69-193,36±3,51 mg

Antioxidant activity and total polyphenol content

In table 2 are presented the results obtained for the evaluation of the antioxidant activity and content of polyphenols in mango cv. Tommy Atkins, cropped in Zulia.

The phenolic compounds in fruits and vegetables are very important due to the antioxidant properties and their benefits for the health (Araújo *et al.*, 2014). The total polyphenol content in fruits was of 33.61±0.99 mg GAE.100 g⁻¹ in the rank of de 8.71±3.69-193.36±3.51 mg GAE.100 g⁻¹ mentioned by Ma *et al.* (2011), who analyzed the total polyphenol content in eight different genotypes of mango and the rank of 22.27-38.43 mg GAE.100 g⁻¹ mentioned by Liu *et al.* (2013), for mangoes of the varieties Irwin, Jin Hwang and Keitt cultivated in the southeast of China. Siddiq *et al.* (2013) reported a total polyphenol content of 21.16 mg GAE.100 g⁻¹ in mango fruits cv. Tommy Atkins inferior to the determined in this research for mangoes of the same variety. The total polyphenol content was inferior to the value of 56.3 mg GAE.100 g⁻¹, reported by Mgaya-Kilma *et al.* (2015), in mango of the variety Rosselle

Cuadro 2. Actividad antioxidante y contenido de polifenoles totales de frutos de mango.

Table 2. Antioxidant activity and total polyphenol content of mango fruits.

Muestra	TEAA ¹ (mM.100 g ⁻¹)	VCEAA ² (mg.100 g ⁻¹)	TCP ³ (mg GAE.100 g ⁻¹)
Mango	0,18±0,07	27,86±0,70	33,61±0,99

¹Actividad antioxidante total equivalente a TROLOX. ²Actividad antioxidante equivalente a vitamina C. ³Contenido de polifenoles totales.

GAE.100 g⁻¹ señalado por Ma *et al.* (2011), quienes analizaron el contenido de polifenoles totales en ocho genotipos diferentes de mango y en el rango de 22,27-38,43 mg GAE.100 g⁻¹ señalado por Liu *et al.* (2013), para mangos de las variedades Irwin, Jin Hwang y Keitt cultivadas en el suroeste de China. Siddiq *et al.* (2013) reportaron un contenido de polifenoles totales de 21,16 mg GAE.100 g⁻¹ en frutos de mango cv. Tommy Atkins inferior al determinado en este estudio para frutos de la misma variedad. El contenido de polifenoles totales fue inferior al valor de 56,3 mg GAE.100 g⁻¹, reportado por Mgaya-Kilma *et al.* (2015), en mango de la variedad Rosselle cultivados al suroeste de Tanzania y al señalado por Palafox-Carlos *et al.* (2013), quienes reportaron un valor promedio de 174 mg GAE.100 g⁻¹; sin embargo, estos autores señalaron que el contenido de estos compuestos podría variar con el estado de madurez y las condiciones de cosecha del fruto. El contenido de polifenoles en los frutos analizados fue superior a los reportados para otros frutos tropicales: zapote mamey (14,21 mg GAE.100 g⁻¹) caimito morado (14,91 mg GAE.100 g⁻¹) y chicozapote (15,35 mg GAE.100 g⁻¹) (Moo-Huchin *et al.*, 2014).

La mayoría de los compuestos polifenólicos que actúan en la actividad antioxidante de los frutos se caracterizan por ser hidrosolubles y estables a temperatura ambiente pero son susceptibles a los cambios químicos ocurridos durante la maduración del fruto, físicos en el procesamiento del fruto, al realizar la trituration y el picado, debido a que estos compuestos forman parte de la organización tisular

cultivada en el Southeast of Tanzania and mentioned by Palafox-Carlos *et al.* (2013), who reported an average value of 174 mg GAE.100 g⁻¹; however, these authors mentioned that the content of these compounds might vary with the ripening phase and the harvest conditions of the fruit. The polyphenol content in the analyzed fruits was superior to the reported for other tropical fruits: zapote (14.21 mg GAE.100 g⁻¹), caimito morado (14.91 mg GAE.100 g⁻¹) and chicozapote (15.35 mg GAE.100 g⁻¹) (Moo-Huchin *et al.*, 2014). Most of the polyphenolic compounds that act in the antioxidant activity of fruits are characterized by being water-soluble and steady at environmental temperature but sensitive to chemical changes occurred during the ripening phase of the fruit, physical in the processing of the fruit when doing the cutting and grinding, since these compounds are part of the tissue organization and structures that when break leach and get partially destroyed by the contact with the air, as well as thermal changes due to the excessive increment of the heat modifies the pigment of the food (Agostini *et al.*, 2004).

Antioxidant activity equivalent to Trolox (TEAA)

The antioxidant activity equivalent to Trolox (TEAA) in mango was of 0.18 mM TEAA.g⁻¹, inferior to the rank of 0.661-1.551 mM reported by Ma *et al.* (2010), in eight genotypes of mango in China. Siddig *et al.* (2013), reported a value of 0.22 mM for mango cv. Tommy Atkins cultivated in the United States compared to the ones obtained in this research. The difference of the values obtained in this research regarding those reported by

y de estructuras que al romperse se lixivian y se destruyen parcialmente al contacto con el aire, así como cambios térmicos, debido a que el aumento excesivo del calor modifica el pigmento de los alimentos (Agostini *et al.*, 2004).

Actividad antioxidante equivalente a Trolox (TEAA)

La actividad antioxidante equivalente a Trolox (TEAA) en la pulpa (mesocarpio) de mango fue de 0,18 mM TEAA.g⁻¹, valor inferior al rango de 0,661-1,551 mM reportado por Ma *et al.* (2010), en ocho genotipos de mango en China. Siddig *et al.* (2013), reportaron un valor de 0,22 mM para frutos de mango cv. Tommy Atkins cultivado en E.E.U.U. comparable con el obtenido en este estudio. La diferencia de los valores obtenidos en este trabajo con respecto a los reportados por otros autores podría estar asociado al proceso de homogenización y tratamientos térmicos aplicados en dichas investigaciones, los cuales podrían destruir las membranas celulares y los complejos proteína-antioxidante haciéndolos más accesibles para la extracción, lo que podría conducir a valores mayores de actividad antioxidantes que los obtenidos en este estudio (Nguyen y Schwartz, 1999). Así mismo, las condiciones edafoclimáticas y de cultivo juegan un papel importante en la composición fenólica y por ende en la actividad antioxidante de los frutos.

La actividad antioxidante determinada en este estudio fue superior al valor reportado Kuskoski *et al.* (2005), para frutos de mango cultivados en el sur de Brasil con un contenido promedio de 0,0132 mM, así como los señalados para otros frutos como (*Fragaria*),

other authors might be related to the homogenization process and thermal treatments applied in these researches, which might destroy the cell membranes and the protein-antioxidant complexes making them more convenient for the extraction, which might lead to higher values of antioxidant activity than the ones obtained in this research (Nguyen and Schwartz, 1999). Likewise, the soil-climatic and crop conditions have an important role in the phenol composition, thus, in the antioxidant activity of the fruits.

The antioxidant activity determined in this research was higher to the value reported by Kuskoski *et al.* (2005), for mango fruits cultivated in the south of Brazil with an average content of 0.0132 mM, as well as those mentioned for other fruits such as strawberry (*Fragaria*), 0.012 mM, grape (*Vitis vinifera*); 0.009 mM; acerola (*Malpighia emarginata*), 0.067 mM; cholupa (*Passiflora maliformis*), 0.016 mM; badea (*P. quadrangularis*), 0.024 and guava (*Psidium guajava*), 0.096 mM (Agostini *et al.*, 2004; Rojas-Barquera *et al.*, 2008; Carvajal *et al.*, 2011).

The polyphenolic extracts of the vegetal material (fruit) are many times a mix of different types of polyphenols, these compounds are soluble in the solvent used in the system and its extraction is simple, though these are altered by synergic effects of the micro-environment where the compound is located. It might cause inhibitory or synergic effects of the antioxidant activity (Fennema, 2000; Kuskoski *et al.*, 2005; Souza *et al.*, 2008; Marcano, 2010).

0,012 mM, grape (*Vitis vinifera*); 0,009 mM; acerola (*Malpighia emarginata*), 0,067 mM; cholupa (*Passiflora maliformis*), 0,016 mM; badea (*P. quadrangularis*), 0,024 y guayaba (*Psidium guajava*), 0,096 mM (Agostini *et al.*, 2004; Rojas-Barquera *et al.*, 2008; Carvajal *et al.*, 2011).

Los extractos polifenólicos del material vegetal (fruto) son muchas veces una mezcla de diferentes clases de polifenoles, estos compuestos son solubles en el solvente usado en el sistema y su extracción es simple, aunque se vean alterados por efectos sinérgicos del microambiente donde se encuentra el compuesto y esto puede ocasionar efectos inhibitorios o sinérgicos de la actividad antioxidante (Fennema, 2000; Kuskoski *et al.*, 2005; Souza *et al.*, 2008; Marcano, 2010).

Actividad antioxidante equivalente a Vitamina C (VCEAA)

Aunque tradicionalmente los valores de actividad antioxidante se han reportado en función de estándares como Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) un análogo de la vitamina E soluble en agua o diferentes derivados fenólicos (catequinas, epicatequinas, entre otros), en este estudio se reportan los valores de actividad antioxidante empleando ácido ascórbico (Vitamina C) como estándar de referencia debido a que este es un componente más representativo de la especies antioxidantes presentes en este fruto, adicionalmente, este compuesto es de mayor accesibilidad y/o disponibilidad en los laboratorios con lo cual se facilitaría la comparación de los resultados obtenidos en investiga-

Antioxidant activity equivalent to Vitamin C (VCEAA)

Traditionally, the values of the antioxidant activity has been reported in function of the standards as Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) an analogue of vitamin E soluble in water or different phenolic derivates (catechins, epicatechins, among others); however, in the current research the antioxidant values are reported using ascorbic acid (Vitamin C) as a referent standard, since this is a more representative component of the antioxidant species present in the fruit. Additionally, this compound has more access and/or availability in the laboratories, which my ease the comparison of the results in similar researches, providing relevance to the information obtained.

The antioxidant activity equivalent to Vitamin C in the mango sample analyzed was of 27.86 mg.100 g⁻¹. This value is in the rank of 19.79-34.59 reported by Ma *et al.* (2011), for eight genotypes of mango cultivated in China and superior to the rank of 3.20-3.80 mentioned by Liu *et al.* (2013), for five varieties of mango. The results of this research were superior to the ones reported for other tropical fruits such as guava (*P. guajava*), 78.4; pineapple (*Ananas comosus*), 58.59; sour sop (*Annona muricata*), 91.29; mamey (*Mammea Americana*), 14.82; cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), 37.00 (Souza *et al.*, 2007; Rojas-Barquera *et al.*, 2008; Kuskoski *et al.*, 2005).

Conclusions

Mango fruits are a source of phenolic compounds and presented

ciones similares, lo que da relevancia a la información obtenida. La actividad antioxidante equivalente a vitamina C en la muestra de mango analizada fue de 27,86 mg.100 g⁻¹. Este valor se encontró en el rango de 19,79-34,59 reportado por Ma *et al.* (2011), para ocho genotipos de mango cultivados en China y fue superior al rango de 3,20-3,80, señalado por Liu *et al.* (2013), para cinco variedades de mango. Los resultados en este estudio fueron superiores a los reportados para otros frutos tropicales como guayaba (*P. guajava*), 78,4; piña (*Ananas comosus*), 58,59; guanábana (*Annona muricata*), 91,29; sapote (*Mammea americana*), 14,82; cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), 37,00 (Kuskoski *et al.*, 2005; Souza *et al.*, 2008; Rojas-Barquera *et al.*, 2008).

Conclusión

Los frutos de mango son una fuente de compuestos fenólicos y presentaron actividad antioxidante comparable con la obtenida para otros frutos tropicales.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro Socialista de Investigación y Desarrollo Frutícola y Apícola del Zulia por el asesoramiento y el suministro de las muestras.

Literatura citada

Afifa, K., M. Kamruzzaman, I. Mahfuza, H. Afzal, H. Arzina and H. Roksana. 2014. A comparison with antioxidant and functional properties among five mango (*Mangifera indica* L.)

antioxidant activity compared to the one obtained by other tropical fruits.

Acknowledgment

The authors thank the Socialist Center of Fruit and Beekeeping Research and Development of Zulia by their assistance and the supply of the samples.

End of english version

varieties in Bangladesh. Int. Food Res. 21(44):1501-1506.

Agostini, L., M. Morón, A. Ramón y A. Ayala. 2004. Determinación de la capacidad antioxidante de flavonoides en frutas y verduras frescas y tratadas térmicamente. Arch. Latinoam. Nutr. 54(1):89-92.

Almeida, M., P. Sousa, A. Arriaga, G. Prado, C. Magalhães and G. Maia. 2011. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. Food Res. Int. 44:2155-2159.

Araújo, K., M. Magnani, J. Nascimento, A. Souza, P. Epaminondas, A. Souza, N. Queiroz and A. Souza. Antioxidant activity of co-products from Guava, Mango and Barbados cherry produced in the Brazilian Northeast. Molecules 19:3110-3119.

Araya, H., C. Clavijo y C. Herrera. 2006. Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivadas en Chile. Arch. Latinoam. Nutr. 56(4):361-365.

Arnous A., D. Makris and P. Kefalas. 2002. Correlation of pigment and flavone content with antioxidant properties in selected aged regional wines from Greece. J. Food. Comps. Anal. 15:655-665.

Avilán, L. y C. Rengifo. 1990. El mango. Primera Edición. Editorial América, Caracas, Venezuela. pp. 15-21, 24-27, 30-33, 69-71, 157-167.

- Azeredo, M.C., E. Brito, G. Moreira, V. Farias and L. Bruno. 2006. Effect of drying and storage time on the physicochemical properties of mango leathers. *Inter. J. Food Sci. Tech.* 41:635-638.
- Carvajal, L., S. Turbay, B. Rojano, L. Álvarez, S. Restrepo, J. Alvarez, K. Bonilla, C. Ochoa y N. Sánchez. 2011. Algunas especies de *Passiflora* y su capacidad antioxidante. *Rev. Cubana Plant. Med.* 16(4):354-363.
- Contreras-Calderón, J., L. Calderón-Jaimes, E. Guerra-Hernández and B. García-Villanova. 2010. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Reach. Int.* 44:2047-2053.
- Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios. FEDEAGRO. Consultado en: <http://www.fedeagro.org/produccion/Rubros.asp>. Fecha de consulta febrero, 2016.
- Corrales-Bernal, A., M. Maldonado, L. Urango, M. Franco y B. Rojano. 2014. Mango de azúcar (*Mangifera indica*), variedad de Colombia: características antioxidantes, nutricionales y sensoriales. *Rev. Chil. Nutr.* 41(3):312-318.
- Fennema, O. 2000. Química de los alimentos. Segunda Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. pp. 336-345.
- Kuskoski, M., A. Asuero, A. Troncoso y J. Mancini-Filho, R. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Cien. Tecnol. Aliment.* 24(4):726-732.
- Litz, R. 2009. The Mango: Botany, production and uses. Segunda Edición, U.S.A. Editorial CAB International. pp. 4-10.
- Liu, F., F. Shu-Fang, B. Xiu-Fang, X. FangChen, L. Xiao-Jun, H. Xiao-Song and W. Ji-Hon. 2013. Physicochemical and antioxidant properties of four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars in China. *Food Chem.* 138:396-405.
- Ma, X., H. Wu, L. Liu, Q. Yao, S. Wang, R. Zhan, S. Xing and Y. Zhou. 2011. Polyphenolic compounds and antioxidant properties in mango fruits. *Sci. Hortic.* 3(15):102-107.
- Marcano, D., 2011, La química de los alimentos. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Fundación Empresas Polar. Caracas, Venezuela, pp. 155, 285-294.
- Medina, M. y F. Pagano. 2003. Caracterización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) tipo "Criolla roja". *Rev. Fac. Agron. LUZ.* 20:72-86.
- Mgaya-Kilima, B., S. Remberg, B. Chove and T. Wicklun. 2015. Physicochemical and antioxidant properties of roselle-mango juice blends; effects of packaging material, storage temperature and time. *Food Sci. & Nutri.* 3(2):100-109.
- Miller, N., J. Sampson, L. Candeias, P. Bramley and C. Rice-Evans. 1996. Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls, *Febs. Lett.* 384:240-242.
- Moo-Huchin, V., I. Estrada-Mota, R. Estrada-León, L. Cuevas-Glory, E. Ortiz-Vázquez, M. Vargas, D. Betancur-Ancon and E. Sauri-Duch. 2014. Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chem.* 152:508-515.
- Moreno, A., D. León, G. Giraldo y E. Ríos. 2010. Estudio de la cinética físico-química del mango (*Mangifera indica* L. var. Tommy Atkins) tratado por métodos combinados de secado. *Dyna* 77(162):75-84.
- Nguyen, M. and S. Schwartz. 1999. Lycopene: Chemical and biological properties. *Food Techn.* 53(2):38-45.
- Norma Venezolana COVENIN, 1769-81. Frutas tomas de muestras. 12 p.
- Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemist, A.O.A.C. 1990. Decima quinta Edición. Volumen 1. Capítulo 4. VA, U.S.A.
- Palafox-Carlos, H., E. Yahia, M. Islas-Osuna, P. Gutiérrez-Martínez, M. Robles-Sánchez and G. González-Aguilar.

2012. Effect of ripeness stage of mango fruit (*Mangifera indica* L., cv. Ataulfo) on physiological parameters and antioxidant activity. *Sci. Hortic.* 135:7-13.
- PANAPO, 1994, EL gran libro de las plantas medicinales, Edit. PANAPO, Caracas, Venezuela, pp. 96-98
- Pierson, J., G. Monteith, S. Roberts-Thomson, R. Dietzgen, M. Gidley and P. Shaw. 2014. Phytochemical extraction, characterisation and comparative distribution across four mango (*Mangifera indica* L.) fruit varieties. *Food Chem.* 149:253-263.
- Ramírez, R., O. Quijada, G. Castellano, M. Burgos, R. Camacho y C. Marín. 2010. Características físicas y químicas de frutos de trece cultivares de mango (*Mangifera indica*) en el municipio Mara en la planicie de Maracaibo. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 10(2):65-72.
- Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang and C. Rice-Evans. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26(9-10):1231-1237.
- Ribeiro, S., L. Barbosa, J. Queiroz, M. Knodler and A. Schieber. 2008. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. *Food. Chem.* 110:620-626.
- Rojas-Barquera, D., E. Narváez-Cuenca y L. Restrepo-Sánchez. 2008. Evaluación del contenido de vitamina C, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) de las variedades Pera, Regional Roja y Regional Blanca. En *Memorias de Lagrotech (Red tecnológica y química de productos industriales latinoamericanos)*, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. pp. 49-60.
- Siddiq, M., D. Sogi, and K. Dolan. 2013. Antioxidant properties, total phenolics, and quality of fresh-cut 'Tommy Atkins' mangoes as affected by different pre-treatment. *Food Sci. Technol.* 53:156-162.
- Souza, J., E. Silva, A. Loir, J. Rees, H. Rogez and Y. Larondelle. 2008. Antioxidant capacity of four polyphenol-rich Amazonian plant extracts: A correlation study using chemical and biological *in vitro* assays. *Food Chem.* 106:331-339.
- Villalba, M., I. Yepes y G. Arrázola. 2006. Caracterización físico-química de frutas de la zona del Sinu para su agroindustrialización. *Temas Agrarios* 11(1):15-23.
- Zuluaga, J., M. Cortes-Rodríguez y E. Rodríguez Sandoval. 2010. Evaluación de las características físicas de mango deshidratado aplicando secado por aire caliente y deshidratación osmótica. *Rev. Fac. Ing. UCV. Caracas.* 25(4):127-135.