

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE, COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL Y FUNCIONAL DE FLORES COMESTIBLES DE DALIA

Estrella Lara-Cortés¹; Olga Martín-Belloso²; Perla Osorio-Díaz¹;
Laura Leticia Barrera-Necha¹; Jesús Arnoldo Sánchez-López¹; Silvia Bautista-Baños^{1*}

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Carr. Yautepec-Jojutla km 6,
Col. San Isidro, CEPROBI 8, Morelos, MÉXICO. C. P. 62531. Correo-e: sbautis@ipn.mx (*Autor para correspondencia)

²Universidad de Lleida, Departamento de Tecnología de los Alimentos.
Av. Alcalde Rovira Roure # 191. Lleida, Cataluña, ESPAÑA. C.P. 25198.

RESUMEN

En México, las flores de dalia son comúnmente consumidas en diferentes tipos de platillos. Sin embargo, no existen reportes sobre sus características como alimento funcional. En esta investigación se estudió la composición proximal, el contenido de minerales, vitamina C, compuestos fenólicos, antocianinas totales, carotenoides y actividad antioxidante de flores de dalia. En general, los valores más altos para el contenido de compuestos fenólicos, antocianinas y capacidad antioxidante se encontraron en las flores de dalia color púrpura (127.5 mg AG·g⁻¹, 257.5 mg de pelargonidina·100 g⁻¹ y 24 % de inhibición, respectivamente). El tipo y la concentración de cada compuesto fenólico variaron de acuerdo al color de la flor. El valor más alto de compuesto fenólico fue para hesperidina (398.9 mg·g⁻¹). Los compuestos fenólicos detectados con mayor frecuencia en las flores fueron los ácidos gálico y cafeico. Con base en estos resultados, se puede recomendar el consumo de flores de dalia como un alimento funcional porque aportan compuestos fenólicos (especialmente las flores de coloración oscura, ya que presentaron la más alta composición fenólica y capacidad antioxidante).

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Dahlia* spp., alimento funcional, lígula, compuestos fenólicos, capacidad antioxidante.

ANTIOXIDANT CAPACITY, NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL COMPOSITION OF EDIBLE DAHLIA FLOWERS

ABSTRACT

In Mexico, Dahlia flowers are commonly consumed in different type of dishes; however, there are no reports on characteristics as a functional food. Proximate composition, minerals, vitamin C, phenolic compounds, total anthocyanins, carotenoids and antioxidant activity of dahlia flowers were studied. In general, the highest values for the content of phenolic compounds, anthocyanins and antioxidant capacity were found in the purple dahlia (127.5 mg AG·g⁻¹, 257.5 mg pelargonidin·100 g⁻¹ and 24 % of inhibition respectively). The type and concentration of phenolic compounds varied according to the color of the flower. The highest phenolic compound value was for hesperidin (398.9 mg·g⁻¹), while the most detected phenolic compounds in the flowers were gallic and caffeic acids. Based on these results, we can recommend the consumption of dahlia flowers as functional food because it provides phenolic compounds (specially the dark-colored dahlia flowers, since they had the highest phenolic composition and antioxidant activity).

ADDITIONAL KEYWORDS: *Dahlia* spp., functional food, ligule, phenolic compounds, antioxidant capacity.

INTRODUCCIÓN

El género *Dahlia* es parte de la familia botánica Asteraceae (compositae), tribu Heliantheae. Está compuesto de 36 especies, todas nativas de México (Mera y Bye, 2006). Dado que la diversidad biológica del género se encuentra en México, la Dalia fue declarada la flor nacional mexicana (Mera y Bye, 2006). Se han realizado actividades de difusión del conocimiento y manejo de la dalia en México. Existen estudios que sugieren la ingesta alimentaria de las raíces tuberosas como fuente importante de inulina para prevenir el aumento de los niveles de glucosa en personas diabéticas. Las lígulas (pétalos) tienen una larga historia de consumo. Los indígenas oaxaqueños de México las han consumido en forma de pequeños pasteles y todavía hoy se consumen en ensaladas, postres y como guarnición en diversos platillos (Treviño *et al.*, 2007). La mayoría de las flores comestibles de plantas silvestres (como las flores de cuchunuc, chira, itabo, piñuela, loroco y dalia) se recogen y se consumen a nivel local en las diferentes áreas durante la temporada de floración, pero no hay suficiente información sobre su valor nutritivo (Caballero *et al.*, 2009; Rodríguez, 2009; Morton *et al.*, 1990; Sotelo *et al.*, 2007). Por otro lado, a partir de los años ochenta se ha mostrado un gran interés por las flores comestibles, especialmente en las sociedades que buscan experiencias culinarias únicas (Kelley *et al.*, 2001). Las flores aportan al comensal una amplia gama de colores, gustos y formas interesantes. Además, contienen componentes saludables como vitaminas y minerales (Friedman *et al.*, 2005).

Se debe tener en cuenta que las flores de algunas plantas poseen compuestos con acción terapéutica y por esta razón podrían ser considerados alimentos funcionales. Entre los compuestos biológicamente activos, los compuestos fenólicos, son un ejemplo ya que se encuentran en flores como las rosas (*Rosa* sp.), especialmente consumidas en infusiones (VanderJagt *et al.*, 2002). Además, estos compuestos se asocian con la prevención de enfermedades crónicas degenerativas que en los últimos tiempos están en aumento entre la población. Los compuestos fenólicos constituyen uno de los grupos de metabolitos en el reino vegetal más numerosos y ampliamente distribuidos (Sreelatha y Padma, 2009), con más de 8,000 estructuras fenólicas comúnmente conocidas. Estos compuestos son producto del metabolismo secundario vegetal. Los compuestos fenólicos están asociados con el color, características sensoriales (sabor y astringencia), características nutrimentales y propiedades antioxidantes (Kähkönen *et al.*, 2001). Otro importante grupo de compuestos en los alimentos vegetales son los carotenoides, los cuales además de su función como precursores de la vitamina A, tienen otras actividades biológicas como la capacidad antioxidante (Toledo *et al.*, 2004). El objetivo de este estudio fue analizar la composición proximal, minerales, vitamina C y aislar e identificar los compuestos fenólicos totales e individuales, antocianinas, contenido de carotenoides y determinar la capacidad antioxidante de flores de dalia de diferentes colores con el propósito de proporcionar pruebas

INTRODUCTION

The genus *Dahlia* is part of the botanical family Asteraceae (Compositae), tribe Heliantheae. It consists of 36 species, all native to Mexico (Mera and Bye, 2006). Since the biological diversity of this genus is in Mexico, dahlia flower was declared national flower (Mera and Bye, 2006). Efforts have been made to disseminate the knowledge and use of the dahlia flowers in Mexico. There are studies suggesting dietary intake of tuberous roots as an important source of inulin to prevent the increase in glucose levels in diabetic persons. Ligules (petals) have a long history of consumption. Indigenous population of Oaxaca, Mexico have consumed these ligules in the form of small cakes and even today this species is consumed in salads, desserts and as a garnish on many dishes (Treviño *et al.*, 2007). Most edible flowers from wild plants (such as cuchunuc, chira, itabo, piñuela, loroco and dahlia flowers) are collected and consumed locally in different areas during the flowering season, but there is insufficient information on nutritional value (Caballero *et al.*, 2009; Rodríguez, 2009; Morton *et al.*, 1990; Sotelo *et al.*, 2007). Moreover, from the eighties, people have shown great interest in edible flowers, especially societies seeking unique dining experiences (Kelley *et al.*, 2001). Flowers bring diners a wide range of colors, flavors and interesting shapes. Furthermore, edible flowers have healthy components such as vitamins and minerals (Friedman *et al.*, 2005).

It is important to remember that flowers of some plants have compounds with therapeutic action and for this reason could be considered functional foods. Among the biologically active compounds, phenolic compounds, are an example because these compounds are found in flowers like roses (*Rosa* sp.), especially consumed in teas (VanderJagt *et al.*, 2002). Furthermore, these compounds are associated with the prevention of chronic degenerative diseases, which in recent times are increasing among the population. Phenolic compounds are one of the groups of metabolites in the more numerous and widely distributed plant kingdom (Sreelatha and Padma, 2009), with more than 8,000 phenolic structures commonly known. These compounds are products of plant secondary metabolism. Phenolic compounds are associated with the color, sensorial characteristics (flavor and astringency), nutritional characteristics and antioxidant properties (Kähkönen *et al.*, 2001). Another important group of compounds in plant foods are carotenoids, which in addition to their function as precursors of vitamin A, have other biological activities such as antioxidant capacity (Toledo *et al.*, 2004). The aim of this study was to analyze proximate composition, minerals, vitamin C and isolate and identify the total and individual phenolic compounds, anthocyanins, carotenoids and determine the antioxidant capacity of dahlia flowers of different colors in order to provide additional evidence for research and development of edible flowers from different dahlia species in Mexico, in the field of functional foods.

científicas adicionales para la investigación y el desarrollo de las flores comestibles de diferentes especies de dalia en México, en el campo de los alimentos funcionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Las flores de dalia (*Dahlia australis*, *Dahlia appiculata*, *Dahlia brevis*, *Dahlia coccinea*, *Dahlia campanulata*, *Dahlia pinnata*) fueron proporcionadas por la Asociación Mexicana de la Dalia. Las lígulas fueron separadas del capítulo y clasificadas de acuerdo al color. Para ello se utilizó un colorímetro universal (Milton-Roy, Color Mate, EEUU) con un iluminante D₆₅ y ángulo fijo de observación de 2°. Se determinaron los parámetros Hunter L (luminosidad), a (cromaticidad roja - verde) y b (cromaticidad amarilla - azul). Se obtuvieron ocho colores de lígulas (púrpura L* 11.390, a* 15.580, b* 4.210, amarillo L* 89.480, a* -13.013, b* 85.00, rosa L* 39.900, a* 59.200, b* -9.557, morado L* 34.073, a* 48.157, b* -14.530, blanco L* 93.857, a* -1.113, b* 3.970, guinda L* 19.023, a* 33.097, b* 10.187, naranja L* 49.613, a* 46.020, b* 36.297 y rojo L* 34.027, a* 57.783, b* 41.387). Las muestras clasificadas se colocaron en charolas de aluminio para ser liofilizadas y almacenadas antes de su análisis. Los extractos etanólicos fueron obtenidos a partir de cada color. Para ello, las lígulas se molieron y maceraron con etanol 40 % v/v (Cepoi *et al.*, 2009). Esta mezcla fue homogeneizada con un Ultra-TurraxT-25 (I.C.T, S.L. – Instrumentación Científica Técnica, S.L.) a 13,000 g por 10 min, después centrifugada a 4,000 g por 5 min y decantada para obtener el sobrenadante (extracto).

Análisis Proximal

Para determinar humedad, proteína cruda, cenizas y grasa se utilizaron los métodos estándar de la AOAC (Anónimo, 1990).

Minerales

Las muestras fueron secadas, molidas y disueltas con una mezcla ácida (HNO₃ y H₂O₂). El análisis del contenido mineral (Ca, P, Na, Mg, K, Fe, Mn, Cu y Zn) en las flores de dalia se llevó a cabo siguiendo la metodología reportada por Jurca *et al.* (2011) usando Espectroscopía de Emisión Óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES Perkin Elmer Optimus 7000).

Vitamina C

La determinación de vitamina C se realizó de acuerdo al método descrito por Dürüst *et al.* (1997). Se utilizaron lígulas frescas de dalia de los ocho colores descritos anteriormente. Para ello se utilizó un colorímetro universal (Milton-Roy, Color Mate, EEUU) con un iluminante D₆₅ y ángulo fijo de observación de 2°. Se determinaron los parámetros Hunter L (luminosidad), a (cromaticidad roja - verde) y b

MATERIALS AND METHODS

Plant material

Dahlia flowers (*Dahlia australis*, *Dahlia appiculata*, *Dahlia brevis*, *Dahlia coccinea*, *Dahlia campanulata*, *Dahlia pinnata*) were provided by the Mexican Association of Dahlia flowers. Ligules were separated from the chapter and classified according to the color. A universal colorimeter (Milton-Roy, matte color, USA) was used with a illuminant D₆₅ and fixed angle of observation of 2°. Hunter L parameters (lightness), a (red - green chromaticity), b (yellow - blue chromaticity) were determined. A total of eight colors (purple L* 11.390, a* 15.580, b* 4.210, yellow* 89.480, a* -13.013, b* 85.00, pink L* 39.900, a* 59.200, b* -9.557, lilac L* 34.073, a* 48.157, b* -14.530, white L* 93.857, a* -1.113, b* 3.970, cherry L* 19.023, a* 33.097, b* 10.187, orange L* 49.613, a* 46.020, b* 36.297 and red L* 34.027, a* 57.783, b* 41.387) of ligules were obtained. The sorted samples were placed in aluminum trays to be lyophilized and stored before analysis. Ethanol extracts were obtained from each color. For this, ligules were ground and macerated with ethanol at 40 % v/v (Cepoi *et al.*, 2009). This mixture was homogenized using an Ultra-TurraxT-25 (I.C.T, S.L. – Technical Scientific Instrumentation, S.L.) at 13,000 g for 10 min, then centrifuged at 4000 g for 5 min and decanted to obtain the supernatant (extract).

Proximate Analysis

The standard AOAC methods were used to determine moisture, crude protein, ash and fat (Anonymous, 1990).

Minerals

The samples were dried, ground and dissolved using an acid mixture (HNO₃ and H₂O₂). Analysis of the mineral content (Ca, P, Na, Mg, K, Fe, Mn, Cu and Zn) in dahlia flowers was carried out following the methodology reported Jurca *et al.* (2011) using Optical Emission Spectroscopy with inductively coupled plasma (ICP-OES Perkin Elmer Optimus 7000).

Vitamin C

Vitamin C determination was performed according to the method described by Dürüst *et al.* (1997). We used fresh dahlia ligules of eight colors described above. For this reason, a universal colorimeter (Milton-Roy, matte color, USA) was used with a illuminant D₆₅ and fixed angle of observation of 2°. Hunter L parameters (lightness), a (red - green chromaticity), b (yellow - blue chromaticity) were determined. Each color of ligules was macerated with oxalic acid 0.4 % p/v at 1:10 ratio and placed in dark at room temperature for 20 min, then centrifuged at 8000 g. One mL of the supernatant was mixed with 1 mL of buffer solution of sodium acetate (300 g of anhydrous sodium acetate + 700 mL of distilled water + 1000 mL of glacial acetic acid) and

(cromaticidad amarilla - azul). Cada color de lígulas se marcó con ácido oxálico 0.4 % p/v en una relación 1:10 y se colocaron en oscuridad a temperatura ambiente por 20 min, después se centrifugaron a 8000 g. Un mL del sobrenadante fue mezclado con 1 mL de solución buffer de acetato de sodio (300 g de acetato de sodio anhidro + 700 mL de agua destilada + 1,000 mL de ácido acético glacial) y 8 mL de solución 2,6 - dicloroindofenol (12 mg de sal 2,6 dicloroindofenol en 1,000 mL de agua destilada). La absorbancia de esta mezcla fue leída por espectrofotometría (Espectrofotómetro marca Spectronic^R GenesysTM 5 modelo 336001) a una longitud de onda de 520 nm. El contenido de vitamina C fue calculado utilizando una curva estándar realizada con ácido L-ascórbico (99 % de pureza; Reg. 84272 Sigma, St. Louis, Missouri, USA) a una concentración de 0-50 ppm. La concentración de vitamina C fue reportada como mg de ácido ascórbico 100·g⁻¹ de peso fresco.

Compuestos fenólicos totales

La determinación se realizó de acuerdo al método Folin-Ciocalteu según modificación realizada al procedimiento descrito por Dastmalchi *et al.* (2007). A una alícuota de 0.5 mL de extracto de lígula (diluido) con etanol 40 % (v/v) se adicionaron 500 µL del reactivo Folin-Ciocalteu. Después se adicionaron 10 mL de una solución de Na₂CO₃ (200 g·litro⁻¹) y agua destilada para aforar a un volumen de 25 mL. Después de una hora de reacción a temperatura ambiente, se determinó la absorbancia a 725 nm y se comparó con una curva estándar realizada con ácido gálico como compuesto de referencia en ocho concentraciones (20-140 ppm). Cada muestra se hizo por triplicado y los resultados se expresaron en mg de ácido gálico por g de lígula (mg AG·g⁻¹ lígula).

Identificación de compuestos fenólicos y flavonoides por HPLC

La extracción se realizó siguiendo el método validado por Hertog *et al.* (1992). A 0.5 g de muestra de lígula liofilizada se le adicionaron 40 mL de solución acuosa de metanol al 62.5 % (v/v). 10 mL de HCl 6 M fueron adicionados a cada extracto. La solución de extracción así obtenida consistió en HCl 1.2 M en metanol acuoso al 50 % (v/v). Después de reflujar a 90 °C por 2 h con agitación constante, los extractos fueron enfriados y se adicionaron 100 mL de metanol y se sonicaron por 5 min. Aproximadamente 2 mL de cada extracto fueron filtrados a través de un acrodisco de 0.45 µm para solventes orgánicos (Millipore, Bedford, MA) antes de inyectar en el equipo. Para realizar las curvas estándar, se utilizaron estándares de ácido cafeico, ácido clorogénico, rutina, quercetina, naringenina, hesperidina, ácido *p*-cumárico en concentraciones 2.5, 5, 10, 20 y 25 ppm; ácido felúrico y ácido sinápico en concentraciones 0.5, 2.5, 5, 10 y 15 ppm; catequina y ácido 4-hidroxibenzoico, en concentraciones 10, 25, 50, 100, 150 y 200 ppm, y ácido gálico en concentraciones 50, 100, 250, 500 y 1,000 ppm. El solvente utilizado fue metanol grado HPLC. La identificación de los

8 mL of solution 2,6 - dichloroindophenol (12 mg of salt 2,6 dichloroindophenol in 1000 mL of distilled water). The absorbance of this mixture was read by spectrophotometry (spectrophotometer brand Spectronic^R GenesysTM 5 model 336001) at a wavelength of 520 nm. Vitamin C content was calculated using a standard curve made with L- ascorbic acid (99 % purity; Rec. 84272 Sigma, St. Louis, Missouri, USA) at a concentration of 0-50 ppm. The concentration of vitamin C was reported as ascorbic acid 100·g⁻¹ fresh weight.

Total phenolic compounds

The determination was performed according to the Folin-Ciocalteu according to modifications performed to the procedure described by Dastmalchi *et al.* (2007). A total of 500 µL of Folin-Ciocalteu reagent were added to an aliquot of 0.5 mL of ligule extract (diluted) with 40 % ethanol (v/v). Then 10 mL of a solution of Na₂CO₃ (200 g·liter⁻¹) and distilled water were added to dilute to a volume of 25 mL. After one hour of reaction at room temperature, absorbance at 725 nm was determined and compared to a standard curve made with gallic acid as reference compound in eight concentrations (20-140 ppm). Each sample was done in triplicate and results were expressed in mg of gallic acid per g of ligule (mg AG·g⁻¹ ligule).

Identification of phenolic compounds and flavonoids by HPLC

The extraction was conducted following the method validated by Hertog *et al.* (1992). A total of 40 mL of aqueous solution of 62.5 % methanol (v/v) were added to 0.5 g of lyophilized ligule sample. A total of 10 mL of HCl 6 were added to each extract. The obtained extraction solution consisted of HCl 1.2 M in 50 % aqueous methanol (v/v). After refluxing at 90 °C for 2 h with constant shaking, the extracts were cooled and 100 mL of methanol were added and sonicated for 5 min. Approximately 2 mL of each extract were filtered through a 0.45 µm acrodisc for organic solvents (Millipore, Bedford, MA) prior to injecting into the equipment. Standards of caffeic acid, chlorogenic acid, rutin, quercetin, naringenin, hesperidin, *p*-coumaric acid concentrations of 2.5, 5, 10, 20 and 25 ppm; felúrico acid and sinápico acid concentrations of 0.5, 2.5, 5, 10 and 15 ppm; catechin and 4-hydroxybenzoic acid concentrations of 10, 25, 50, 100, 150 and 200 ppm, and gallic acid concentrations of 50, 100, 250, 500 and 1000 ppm were used to make standard curves. Methanol grade HPLC was the solvent. The identification of individual polyphenols was analyzed according to the color of the ligules and was performed by HPLC using the methodology proposed by Odriozola -Serrano *et al.* (2008) with modifications. The HPLC system (Agilent model 1100 series) was equipped with a controller 600, and a diode array detector (Waters, Milford, MA) set to scan from 200 to 600 nm. Separations were performed on C18 reverse phase Spherisorb[®] ODS2 (5 µm) with a stainless steel column (4.6 mm x 250 mm) oper-

polifenoles individuales se analizó de acuerdo al color de las lígulas y se efectuó mediante HPLC siguiendo la metodología propuesta por Odriozola-Serrano *et al.* (2008) con modificaciones. El sistema HPLC (Agilent modelo 1100 series) fue equipado con un controlador 600 y un detector de arreglo de diodos (Waters, Milford, MA), configurado para analizar de 200 a 600 nm. Las separaciones se llevaron a cabo en fase reversa C18 Spherisorb® ODS2 (5 µm) con una columna de acero inoxidable (4.6 mm x 250 mm) funcionando a temperatura ambiente con una velocidad de flujo de 1 mL·min⁻¹. Se empleó un gradiente de elución con una mezcla de disolventes de ácido acético glacial 2.5 % en agua (disolvente A) y el 2.5 % ácido acético glacial en metanol (disolvente B). La cuantificación se basó en el área de cada pico identificado tomando en cuenta los tiempos de retención de los compuestos identificados comparados con los picos de cada espectro de los estándares utilizados. La concentración de cada compuesto se expresó en µg·g⁻¹ de lígula analizada.

Antocianinas totales

El análisis del contenido de antocianinas en las muestras se realizó siguiendo la metodología descrita por Abdel-Aal y Hucl (1999). Para ello, 1.0 g de muestra de las lígulas de dalia (base seca) de los diferentes colores antes mencionados (para la determinación de antocianinas totales, los colores guinda y naranja no fueron analizados debido a que el material no estuvo disponible). Se adicionaron a 25 ml de etanol acidificado con HCl 1 N (85:15 v/v), se maceraron las lígulas y se agregaron nuevamente 15 mL de alcohol acidificado. Se ajustó el pH a 1 con HCl 1 N y se mezclaron las muestras con agitación constante durante 30 min. Después se centrifugaron a 13,000 g por 15 min. Se recolectaron los sobrenadantes y se aforaron con etanol acidificado a 50 mL. Las absorbancias fueron leídas a 529 nm. Para la determinación del contenido total de antocianinas se realizó una curva con pelargonidina clorada (Sigma-Aldrich) como estándar en un intervalo de concentraciones de 0.5 - 1.2 mM. El contenido de antocianinas se expresa como mg de pelargonidina por 100 g de muestra en base seca (mg·100 g⁻¹).

Carotenoides (Vitamina A)

La determinación se realizó de acuerdo al método 941.15 de la AOAC (Anónimo, 2006). Se obtuvieron muestras de lígulas de dalia frescas de todos los colores descritos exceptuando guinda. Se realizó una curva estándar con β-caroteno (Sigma-aldrich) como estándar en un intervalo de concentraciones de 0.0 a 10.0 ppm.

Capacidad antioxidante

La evaluación de la capacidad antioxidante se realizó utilizando el reactivo 2, 2- Difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), de acuerdo a lo realizado por Brand-Williams *et al.* (1995), con la siguiente modificación: el DPPH y las muestras fueron disueltas en etanol al 100 %. La solución de DPPH fue usada

ated at room temperature with a flow rate of 1 mL·min⁻¹. A gradient elution with a solvent mixture of 2.5 % glacial acetic acid in water (solvent A) and 2.5 % glacial acetic acid in methanol (solvent B) was used. The quantification was based on the area of each peak identified by taking into account the retention times of identified compounds compared with the peaks of each spectrum from the standards used. The concentration of each compound was expressed in µg·g⁻¹ ligule analyzed.

Total anthocyanins

Analysis of anthocyanin content in the samples was carried out following the methodology described by Abdel-Aal and Hucl (1999). For this, 1.0 g of dahlia ligule sample (dry basis) of different colors above mentioned (for the determination of total anthocyanins, cherry and orange colors were not analyzed because the material was not available) were added to 25 ml of ethanol acidified with HCl 1 N (85:15 v/v), ligules were macerated and again 15 mL of acidified alcohol were added. The pH was adjusted to 1 with HCl 1 N and the samples were mixed with constant agitation for 30 min. Then centrifuged at 13,000 g for 15 min. Supernatants were collected and aforated with 50 mL acidified ethanol. The absorbances were read at 529 nm. A curve with chlorinated pelargonidin (Sigma-Aldrich) was made to determine total anthocyanin content, as standard at a concentration interval of 0.5 - 1.2 mM. Anthocyanin content is expressed as mg of pelargonidine per 100 g dry basis sample (mg·100 g⁻¹).

Carotenoids (Vitamin A)

The determination was performed according to the method 941.15 of the AOAC (Anonymous, 2006). Samples of ligules from fresh dahlia flowers of all colors describe above were obtained (except cherry color). A standard curve was performed with β-carotene (Sigma-Aldrich) as a standard in a concentration interval of 0.0 to 10.0 ppm.

Antioxidant capacity

Evaluation of the antioxidant capacity was performed using Reagent 2, 2- diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), according to what was done by Brand-Williams *et al.* (1995), with the following modification: the DPPH and samples were dissolved in 100% ethanol. DPPH solution was used as a blank. Samples were prepared in triplicate and the absorbance was determined at a wavelength of 515 nm. Data is expressed as percent inhibition of DPPH (% DPPH_{INH}).

$$\%DPPH_{INH} = \frac{Abst_0 - Abst_{60}}{Abst_0} \times 100$$

Where:

Abs t₀ = The absorbance of the reagent DPPH to time 0 min

Abs t₆₀ = The absorbance of the reagent DPPH to time 60 min

como blanco. Las muestras se prepararon por triplicado y se determinó la absorbancia a una longitud de onda de 515 nm. Los datos se expresan como porcentaje de inhibición de DPPH (% DPPH_{INH}).

$$\%DPPH_{INH} = \frac{Abst_0 - Abst_{60}}{Abst_0} \times 100$$

Dónde:

Abs_{t₀} = La absorbancia del reactivo DPPH al tiempo 0 min

Abs_{t₆₀} = La absorbancia del reactivo DPPH al tiempo 60 min

Análisis estadístico

El arreglo de los experimentos se hizo en un diseño completamente al azar. Los datos se presentan como la media ± el error estándar. Los valores medios fueron comparados usando la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Se realizó un análisis de correlación entre las variables color, antocianinas totales, compuestos fenólicos totales, vitamina A (β caroteno) y capacidad antioxidante. Los datos fueron procesados usando el paquete estadístico JMP versión 4.04.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis proximal

No se observó diferencia estadística entre las muestras de dalia basándose en el color de las lígulas (Cuadro 1). El contenido de humedad de las flores de dalia fue alrededor del 88 al 92 %. Sotelo *et al.* (2007) evaluaron el contenido proximal en varias flores mexicanas tales como *Agave salmiana*, *Aloe vera*, *Arbutus xalapensis*, *Cucurbita pepo*, *Erythrina americana*, *E. caribaea*, *Euphorbia radians* y *Yucca filifera*, y reportaron un contenido de humedad similar (86 a 93.2 %). Algunos otros ejemplos de flores con contenido de humedad similar o muy cercanos a los encontrados en esta investigación son las flores de *Gliricidia sepium* (84.71 %) (Caballero *et al.*, 2009), *Fernaldia pandurata* (88.2 %) (Morton *et al.*, 1990), *Parkia biglobosa* (75.5 %) (Hassan *et al.*, 2011) y *Colocasia esculenta* (88.8 %) (Ejoh *et al.*, 1993). El alto contenido de humedad en los vegetales es responsable de la naturaleza perecedera de esta flor debido a la asociación con el aumento de la actividad microbiana (Hassan *et al.*, 2009; Ruzainah, 2009).

Las flores de dalia pueden considerarse un alimento de bajo contenido calórico ya que, como era de esperar, el contenido de grasa fue bajo (0.5 -1.6 %). Los valores obtenidos fueron menores que aquellos reportados para *A. vera* (4.2 %), *E. radians* (4.9 %) y *A. xalapensis* (3.9 %) (Sotelo *et al.*, 2007) y 5.3 % para *C. esculenta* (Richard *et al.*, 1996). El bajo contenido lipídico de los vegetales concuerda con la observación general que los vegetales son alimentos bajos en lípidos (Lintas, 1992).

Con respecto a los valores de proteína, las flores de dalia mostraron bajos niveles (0.8-4.0 %) en comparación con

Statistical analysis

The arrangement of the experiments was done in a completely randomized design. Data is presented as mean ± standard error. The mean values were compared using the Tukey's test ($P \leq 0.05$). A correlation analysis among the variables: color, total anthocyanins, total phenolic compounds, vitamin A (β carotene) and antioxidant capacity was performed. Data was processed using the statistical package JMP version 4.04.

RESULTS AND DISCUSSION

Proximate analysis

No statistical difference was observed among dahlia samples based on the color of the lingules (Table 1). The moisture content of dahlia flowers was around 88 % to 92 %. Sotelo *et al.* (2007) evaluated the proximate content in several Mexican flowers such as *Agave salmiana*, *Aloe vera*, *Arbutus xalapensis*, *Cucurbita pepo*, *Erythrina americana*, *E. caribaea*, *Euphorbia radians* and *Yucca filifera*, and reported a similar moisture content (86 to 93.2 %). Some other examples of flowers with similar or very close moisture content to those found in this research are the flowers of *Gliricidia sepium* (84.71 %) (Caballero *et al.*, 2009), *Fernaldia pandurata* (88.2 %) (Morton *et al.*, 1990), *Parkia biglobosa* (75.5 %) (Hassan *et al.*, 2011) and *Colocasia esculenta* (88.8 %) (Ejoh *et al.*, 1993). The high moisture content in plants is responsible for the perishable nature of this flower because of the association with increased microbial activity (Hassan *et al.*, 2009; Ruzainah, 2009).

Dahlia flowers can be considered a low-calorie food because, as expected, the fat content was low (0.5 -1.6 %). The values obtained were lower than those reported for *A. vera* (4.2 %), *E. radians* (4.9 %) and *A. xalapensis* (3.9 %) (Sotelo *et al.*, 2007) and 5.3 % for *C. esculenta* (Richard *et al.*, 1996). The low lipid content of plants is consistent with the general observation that plants are foods low in lipids (Lintas, 1992).

With respect to protein values, dahlia flowers showed low levels (0.8-4.0 %) compared to other Mexican flowers such as the *A. xalapensis* and *E. caribaea* (11.3-27.9 %) (Sotelo *et al.*, 2007). However, flowers with similar values to those found in dahlia flowers are reported for *C. esculenta*, 14.9 %; *G. sepium*, 1.93 % and *P. biglobosa*, 6.77 % (Caballero *et al.*, 2009; Ejoh *et al.*, 1996; Hassan *et al.*, 2011).

Minerals

The micro and macro major elements in dahlia flowers were Ca, Na and K (Table 2). Orange dahlia flowers had the highest concentrations of Ca, 595.5 mg·kg⁻¹, Fe, 32.0 mg·kg⁻¹, Zn, 31.5 mg·kg⁻¹ and Mn, 0.35 mg·kg⁻¹, while pink flowers showed the highest contents of K (386.0 mg·kg⁻¹) and Mg (77.0 mg·kg⁻¹). Phosphorus had the highest concentration (46.0 mg·kg⁻¹) on

CUADRO 1. Análisis proximal de flores de dalia respecto al color de las lígulas.
TABLE 1. Proximate analysis of dahlia flowers according to the color of the ligules.

Color	% Humedad / Moisture	% Cenizas / Ash	% Grasa / Fat	% Proteína / Protein
Púrpura / Purple	91.4±0.9 a	0.8±0.1 a	0.2±0.0 a	1.4±0.0 a
Rosa / Pink	91.2±1.8 a	0.6±0.1 a	1.6±0.0 b	1.2±0.0 a
Naranja / Orange	89.4±0.9 a	0.8±0.01 a	0.4±0.0 c	1.4±0.2 a
Amarillo / Yellow	88.9±0.9 a	0.8±0.1 a	1.2±0.0 d	4.0±2.4 a
Rojo / Red	92.0±0.8 a	0.7±0.1 a	0.5±0.1 e	1.2±0.3 a
Blanco / White	90.6±0.9 a	0.9±0.1 a	1.0±0.3 f	1.3±0.5 a
Morado / Lilac	90.5±0.6 a	0.7±0.01 a	0.4±0.0 g	0.8±0.0 a
CV	0.04	0.47	0.68	0.68

Los resultados se expresan en porcentaje base seca. Se muestra la media ± el error estándar de tres mediciones. La comparación de todas las medias se realizó con la prueba de Tukey con un valor de $P < 0.05$. Letras diferentes en una columna indican muestras que son significativamente diferentes. CV: coeficiente de variación de las variables analizadas.

Results are expressed in percentage dry basis. Mean ± standard error of three measurements is shown. The comparison of all means was performed using the Tukey's test with a value of $P < 0.05$. Different letters in a column indicate samples that are significantly different. CV: coefficient of variation of the variables analyzed.

otras flores mexicanas como madroño (*A. xalapensis*) y gasparito (*E. caribaea*) (11.3-27.9 %) (Sotelo *et al.*, 2007). Sin embargo, flores con valores similares a los encontrados en dalia son reportados para *C. esculenta*, 14.9 %; *G. sepium*, 1.93 % y *P. biglobosa*, 6.77 % (Caballero *et al.*, 2009; Ejoh *et al.*, 1996; Hassan *et al.*, 2011).

Minerales

Los micro y macro elementos mayoritarios en las flores de dalia fueron Ca, Na y K (Cuadro 2). Las flores de dalia color naranja tuvieron las mayores concentraciones de Ca, 595.5 mg·kg⁻¹, Fe, 32.0 mg·kg⁻¹, Zn, 31.5 mg·kg⁻¹ y Mn, 0.35 mg·kg⁻¹, mientras que las flores color rosa mostraron los mayores contenidos de K (386.0 mg·kg⁻¹) y Mg (77.0 mg·kg⁻¹). El fósforo tuvo la mayor concentración (46.0 mg·kg⁻¹) en las flores púrpura. Las flores guinda y blanco tuvieron la mayor concentración de Na y Cu (46.0 mg·kg⁻¹). Otros estudios con flores comestibles reportan concentraciones de calcio de 738 mg·kg⁻¹ en *Fernaldia pandurata* (Morton *et al.*, 1990) y 6151 mg·kg⁻¹ en flores de *Parki biglobosa* (Hassan *et al.*, 2011). El contenido de elementos minerales es uno de los aspectos esenciales que pueden considerarse para incluir flores comestibles en la nutrición humana (Rop *et al.*, 2012). En el presente estudio, las flores de dalia no superan el contenido nutricional de otras frutas y vegetales de importancia tales como manzana, plátano, espinacas y espárragos, entre otros.

Vitamina C

El contenido de vitamina C se muestra en la Figura 1a. Los resultados indican que no existe diferencia significativa entre las muestras con respecto al color. Los valores de vitamina C (0.5 µg·g⁻¹ lígula) en dalia fueron menores que los reportados para otras flores como *Hibiscus sabdariffa* 67 µg·g⁻¹ (Mahadevan *et al.*, 2009); *Latctuca sativa*, 1,250 µg·g⁻¹, *Spinacia oleracea*, 590 µg·g⁻¹, *Brassica oleracea italica*, 1,180 µg·g⁻¹

purple flowers. The cherry and white dahlia flowers had the highest concentration of Na and Cu (46.0 mg·kg⁻¹). Other studies with edible flowers report concentrations of calcium of 738 mg·kg⁻¹ in *Fernaldia pandurata* (Morton *et al.*, 1990) and 6,151 mg·kg⁻¹ in flowers of *Parki biglobosa* (Hassan *et al.*, 2011). The content of mineral elements is one of the essential aspects that can be considered to include edible flowers in human nutrition (Rop *et al.*, 2012). In the present study, dahlia flowers do not exceed the nutritional content of other fruits and vegetables of importance such as apple, banana, spinach and asparagus, among others.

Vitamin C

The content of vitamin C is shown in Figure 1a. The results indicate no significant difference between samples with respect to the color. The values of vitamin C (0.5 µg·g⁻¹ ligule) in dahlia flowers were lower than those reported for other flowers such as *Hibiscus sabdariffa* 67 µg·g⁻¹ (Mahadevan *et al.*, 2009); *Latctuca sativa*, 1250 µg·g⁻¹, *Spinacia oleracea*, 590 µg·g⁻¹, *Brassica oleracea italica*, 1,180 µg·g⁻¹, *Beta vulgaris* var. cicla, 32 µg·g⁻¹ and for *Brassica oleracea* var viridis, 250 µg·g⁻¹ of fresh matter (Rozano *et al.*, 2004).

Total phenolic compounds

The results of the determination of total polyphenols are shown in Figure 1b. It is observed that there is difference between the samples according to the color of the ligules finding that purple dahlia flowers had the highest values (127.5 mg AG·g⁻¹ dry weight), followed by yellow dahlia flowers (102.1 mg AG·g⁻¹ dry weight) and lilac dahlia flowers (77.8 mg AG·g⁻¹ dry weight). The lowest polyphenol content was observed in red dahlia flowers (3.6 mg AG·g⁻¹). Phenolic compounds are related to some sensorial characteristics of foods, including color (Martínez-Valverde and Periago, 2000). This information coincides with the fact that

CUADRO 2. Contenido de minerales en flores de dalia respecto al color de las lígulas.

TABLE 2. Mineral content of dahlia flowers according to the color of the ligules.

Color	Mineral mg·kg ⁻¹								
	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	Zn
Rojo / Red	227.0	1.5	5.0	340.0	59.0	0.01	305.5	32.0	8.5
Naranja / Orange	595.5	2.0	32.0	381.0	68.0	0.35	375.0	34.5	31.5
Guinda / Cherry	257.0	1.5	27.0	332.0	61.0	0.30	391.0	33.5	7.5
Blanco / White	329.5	1.5	10.5	338.5	71.0	0.20	386.5	42.0	13.0
Morado / Lilac	460.5	3.0	15.0	352.0	68.0	0.15	390.5	43.5	14.0
Rosa / Pink	369.0	2.0	14.5	386.5	77.0	0.30	157.4	40.0	12.0
Amarillo / Yellow	281.0	1.0	19.5	357.0	56.5	0.15	341.0	30.0	9.5
Púrpura / Purple	208.5	1.5	5.0	156.2	52.5	0.10	383.5	46.0	6.5

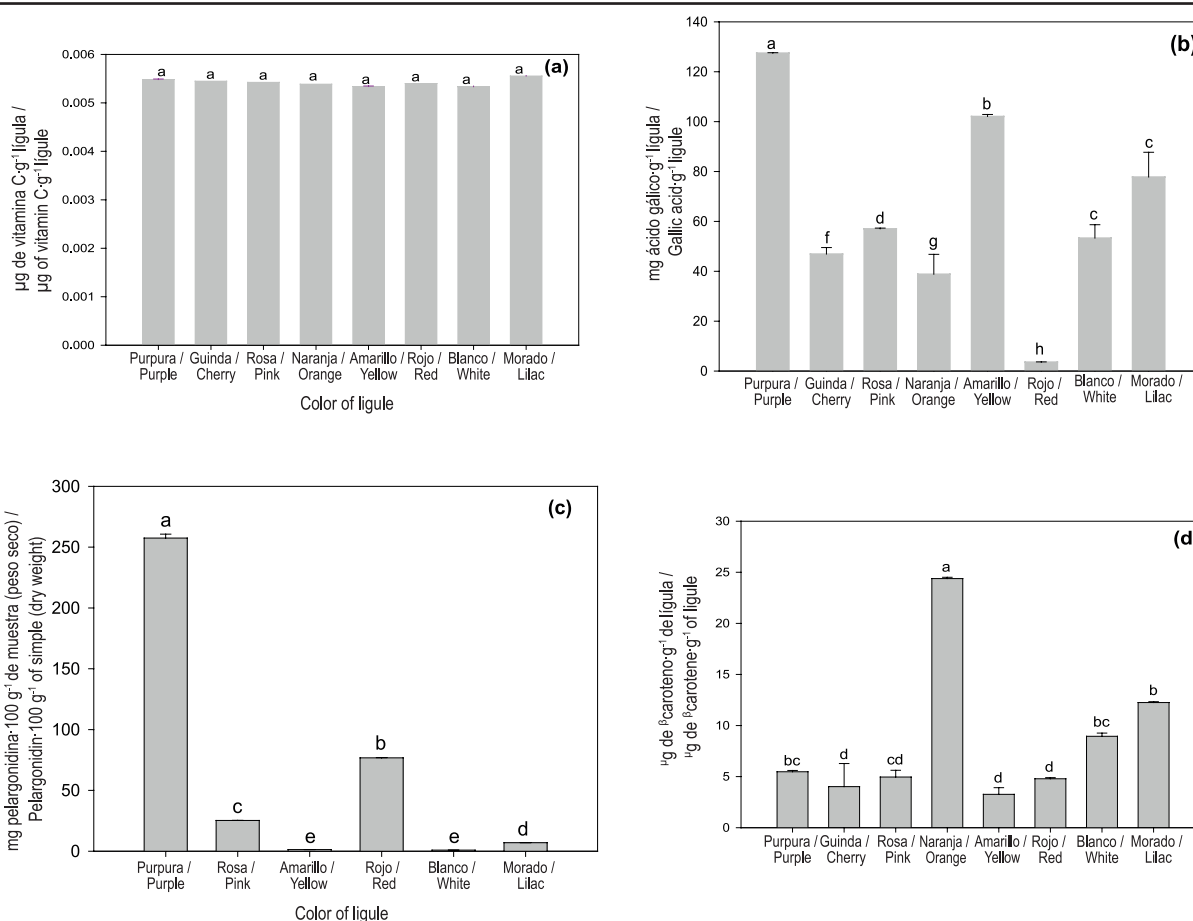


FIGURA 1. Contenido de vitamina C en flores de dalia respecto al color de las lígulas (a). Contenido fenólico total en flores de dalia (b), los datos son expresados como mg de ácido gálico por gramo de muestra (materia seca). Antocianinas totales (c), los datos son expresados como mg pelargonidina por gramo de muestra (materia seca). Carotenoides totales respecto al color de las lígulas (d), los datos son expresados como µg de β caroteno por gramo de lígula. Los datos son presentados como la media ± el error estándar de tres mediciones. Comparación de todas las medias usando la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Letras diferentes indican muestras que son significativamente diferentes.

FIGURE 1. Vitamin C content in dahlia flowers according to the color of ligules (a). Total phenolic content in dahlia flowers (b), data is expressed as mg of gallic acid per gram of sample (dry matter). Total Anthocyanins (c), data is expressed as pelargonidin mg per gram of sample (dry matter). Total carotenoids according to the color of ligules (d), data is expressed as µg of β-carotene per gram of ligules. Data is shown as mean ± standard error of three measurements. Comparison of all means using the Tukey's test ($P < 0.05$). Different letters indicate samples that are significantly different.

¹, *Beta vulgaris* var. cicla, 32 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ y para *Brassica oleracea* var viridis, 250 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de materia fresca (Rozano *et al.*, 2004).

Compuestos fenólicos totales

Los resultados de la determinación de polifenoles totales se muestran en la Figura 1b. Se observa que, existe diferencia entre las muestras de acuerdo al color de las lígulas encontrando que, las flores color púrpura tuvieron los valores más altos (127.5 mg AG·g⁻¹ peso seco), seguidas por las flores amarillas (102.1 mg AG·g⁻¹ peso seco) y las flores moradas (77.8 mg AG·g⁻¹ peso seco). El contenido más bajo de polifenoles fue observado en las flores rojas (3.6 mg AG·g⁻¹). Los compuestos fenólicos están relacionados con algunas características sensoriales de los alimentos, incluyendo el color (Martínez-Valverde y Periago, 2000). Esta información coincide con el hecho que las flores de dalia color púrpura tuvieron el mayor contenido de compuestos fenólicos. López y García (2009) evaluaron la concentración de compuestos fenólicos en distintas variedades de maíz, y encontraron que había diferencias en color entre las variedades del grano lo cual se vio reflejado en los valores de concentración de compuestos fenólicos que osciló entre 170 a 3,400 mg AG·100 g⁻¹ de harina de maíz (extracto metanólico) y 65.8 a 786 mg AG·100 g⁻¹ de harina de maíz (extracto acuoso). Por otro lado, existen otros estudios donde se analizó la concentración de compuestos fenólicos en hojas, flores o frutos, como lo realizado por Tarthan *et al.* (2007) en flores de *Curcubita pepo* donde se reportaron valores superiores (189 mg AG·g⁻¹) a los encontrados en las flores de dalia. En otro estudio Moraes de Souza *et al.* (2008) analizaron infusiones herbales y encontraron valores de compuestos fenólicos totales en un intervalo de 30 a 46.6 mg AG·g⁻¹ de hierba, los cuales son por mucho inferiores a los encontrados en flores de dalia. Las hierbas analizadas en este caso fueron té verde, té negro y té de manzanilla. Rivas-Arreola *et al.* (2010) estudiaron la composición fenólica de infusiones de hojas de *Quercus* y encontraron valores entre 161 a 750 mg AG·g⁻¹ de extracto seco. En la literatura existen diversos estudios sobre la concentración de compuestos fenólicos en vegetales además de los antes mencionados y en todos los casos el contenido es muy variable dependiendo del vegetal estudiado y la forma de extracción ya que, las metodologías utilizadas para la extracción de este tipo de compuestos no son homogéneas lo cual, repercute en el tipo de compuestos fenólicos extraídos y los valores de concentración que se reportan.

Compuestos fenólicos y flavonoides identificados por HPLC

Se observaron diferencias en el tipo de compuestos fenólicos encontrados en las lígulas las cuales dependieron del color de la muestra predominando el ácido gálico y el ácido cafeico (Cuadro 3). La literatura reporta que el ácido gálico se encuentra en forma frecuente en muestras vegetales. Existen estudios como los llevados a cabo por Soares *et al.* (2008), donde en muestras de manzana (*Malus* sp) se encontraron valores de ácido gálico de 0.065 mg·g⁻¹ de peso fresco. También Leela *et al.* (2010) determinaron la concentración de

purple dahlia flowers had the highest content of phenolic compounds. López and Garcia (2009) evaluated the concentration of phenolic compounds in different varieties of maize, and found that there were differences in color among the varieties of grain which was reflected in the values of concentration of phenolic compounds ranging from 170 to 3400 mg AG·100 g⁻¹ of cornmeal (methanol extract) and 65.8 to 786 mg AG·100 g⁻¹ cornmeal (aqueous extract). Furthermore, there are other studies in which the concentration of phenolics in leaves, flowers and fruits was tested, as performed by Tarthan *et al.* (2007) in flowers of *Curcubita pepo* where higher values (189 mg AG·g⁻¹) were reported than those found in dahlia flowers. In another study of Moraes de Souza *et al.* (2008) analyzed herbal infusions and found values of total phenolic compounds in a range of 30 to 46.6 mg AG·g⁻¹ of herbs, which are much lower than those found in dahlia flowers .

The herbs analyzed in this case were green tea, black tea and chamomile tea. Rivas-Arreola *et al.* (2010) studied the phenolic composition of leaves of *Quercus* and found values between 161-750 mg AG·g⁻¹ dry matter. In the literature there are several studies on concentration of phenolic compounds in plants besides those mentioned above and in each case the content is very variable depending on the plant studied and the way of extraction because the methodologies used for removing these types of compounds are not homogeneous, which has repercussions on the type of phenolic compounds extracted and the concentration values reported.

Phenolic compounds and flavonoids identified by HPLC

Differences in the type of phenolic compounds were observed in lígules, which depended on the color of the sample with a predominance of gallic acid and caffeic acid (Table 3). The literature reports that gallic acid is frequently found in vegetable samples. Studies such as those carried out by Soares *et al.* (2008) show that samples of apple (*Malus* sp) had values of gallic acid of 0.065 mg·g⁻¹ fresh weight. Also Leela *et al.* (2010) determined the concentration of caffeic acid in *Acacia nilotica* L. by HPLC and reported values of 0.000086 mg·g⁻¹ dry weight. The importance of this compound is that it has been confirmed to have activity against allergies, inflammation, hypertension, arthritis and carcinogenic (Muñoz-Jauregui *et al.*, 2007).

Another phenolic compound found in dahlia flowers is caffeic acid in concentrations ranging from 0.9 to 4.7 mg·g⁻¹ dry weight. This acid is found in wines at concentrations ranging from 0.47 to 15.08 mg·L⁻¹ (Muñoz-Jauregui *et al.*, 2007) and in apple fruits at concentrations of 0.046 and 0.62 mg·g⁻¹ dry weight depending the range tested (Soares *et al.*, 2008). It is mentioned that this acid is one of the phenolic compounds present in coffee and responsible for both flavor and aroma of this drink (Farah and Marino, 2006).

Moreover, among the phenolic compounds present in dahlia

CUADRO 3. Identificación de compuestos fenólicos y flavonoides de acuerdo al color de las lígulas de dalia.
TABLE 3. Identification of phenolic compound vb flavonoids according to the color of the ligules in dahlia.

Compuesto / Compounds	Color de la lígula / Color of the ray floret							
	Púrpura / Purple	Guinda / Cherry	Rosa / Pink	Naranja / Orange	Amarillo / Yellow	Rojo / Red	Blanco / White	Morado / Lilac
Ácido gálico / Gallic acid	12.9	--	9.7	9.4	6.4	--	13.7	--
Ácido cafeico / Caffeic acid	3.1	0.9	3.4	1.0	4.3	1.4	4.7	--
Ácido clorogénico / Chlorogenic acid	2.7	5.1	3.6	16.4	--	4.8	4.1	4.1
Ácido hidroxibenzoico / Hydroxybenzoic acid	--	3.9	--	3.9	3.7	5.8	--	--
Ácido sináptico / Acid synaptic	--	--	--	--	5.2	--	--	--
Ácido cumárico / Coumaric acid	--	--	--	--	--	--	1.0	--
Quercetina / Quercetin	7.2	36.4	--	26.3	--	--	--	--
Naringenina / Naringenin	1.8	--	--	6.9	--	--	--	20.1
Hesperidina / Hesperidin	--	--	160.8	--	--	--	70.9	398.9
Rutina / Rutin	--	--	--	5.9	--	--	--	--

--= No encontrado. Los datos son expresados como microgramos de cada compuesto fenólico individual por gramo de lígula en peso seco ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ lígula).

--= Not found. Data is expressed as micrograms of each individual phenolic compound per gram of ligules in dry weight ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ligules).

ácido cafeico en *Acacia nilotica* L. por HPLC y reportaron valores de $0.0000086 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso seco. La importancia de este compuesto radica en que se ha confirmado que tiene actividad contra alergias, inflamación, hipertensión, artritis y carcinogénicos (Muñoz-Jauregui et al., 2007).

Otro compuesto fenólico que se encontró en las flores de dalia es el ácido cafeico en concentraciones que varían de 0.9 a $4.7 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso seco. Este ácido se ha encontrado en vinos en concentraciones que van de 0.47 a $15.08 \text{ mg}\cdot\text{litros}^{-1}$ (Muñoz-Jauregui et al., 2007) y en frutos de manzana en concentraciones de 0.046 y $0.62 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso seco dependiendo la variedad analizada (Soares et al., 2008). Se menciona que este ácido es uno de los compuestos fenólicos presente en el café y responsable tanto del sabor como aroma de esta bebida (Farah y Marino, 2006).

Además, entre los compuestos fenólicos presentes en las flores de dalia se hallaron los ácidos ferúlico y clorogénico, que se encuentran en frutas, semillas, café y soya (Drago-Serrano et al., 2006). Es destacable que los compuestos fenólicos le confieran a los alimentos colores acentuados. Esta información nuevamente concuerda con lo obtenido en esta investigación, en las muestra de lígulas de dalia ya que fueron las flores de color púrpura las que presentaron un mayor contenido de compuestos fenólicos.

Algunos de los compuestos encontrados en las lígulas de dalia pertenecen al grupo de los flavonoides, cuya actividad antioxidante resulta de una combinación de sus propiedades

flowers, we found ferulic and chlorogenic acids, which are found in fruits, seeds, coffee and soybeans (Drago-Serrano et al., 2006). It is noteworthy that the phenolic compounds grant to food accentuated colors. This information agrees again with that obtained in this study, in dahlia ligules because purple dahlia flowers had a higher content of phenolic compounds.

Some of the compounds found in dahlia florets belong to the group of flavonoids, whose antioxidant activity is a combination of iron chelating properties and free radical scavenging, so they behave as the strongest scavengers of O_2 enzymatically generated.

Another phenolic compound found in dahlia flowers was hesperidin, which was observed in higher concentration in pink, purple and white flowers, respectively ($160.8 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $398.9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $70.9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). This type of phenolic compound is commonly found in citrus. Balakrishnan and Menon (2006) studied the positive effects of this flavonoid against damage by nicotine from smoke snuff. Hesperidin also regulates hepatic cholesterol synthesis by inhibiting the activity of 3-hydroxy-3-metilglutaril Coenzyme A. Its deficiency has been associated with pain in extremities. Supplemental hesperidin also helps to reduce edema or extreme swelling of the legs due to fluid accumulation (Aghel et al., 2008).

Flavonols have a high antioxidant activity as a result of their chemical structure. Thus the o-diphenol group in the ring B, the double bond at positions 2 and 3 along with the 4-oxo

quelantes de hierro y secuestradora de radicales libres, por lo que se comportan como los secuestradores más fuertes de O₂ generado enzimáticamente.

Otro compuesto fenólico encontrado en las flores de dalia fue la hesperidina, el cual se observó en mayor concentración en los colores rosa, morado y blanco, respectivamente (160.8 µg·g⁻¹, 398.9 µg·g⁻¹, 70.9 µg·g⁻¹). Este tipo de compuesto fenólico se encuentra comúnmente en cítricos. Balakrishnan y Menon (2006) estudiaron los efectos positivos de este flavonoide contra el daño producido por la nicotina compuesto proveniente del humo del tabaco. La hesperidina también regula la síntesis de colesterol hepático por inhibición de la actividad de la 3-hidroxi-3-metilglutaril coenzima A. Su deficiencia ha sido asociada a dolor en las extremidades. La hesperidina suplemental también ayuda a reducir el edema o hinchazón excesiva en las piernas debido a la acumulación de fluido (Aghel *et al.*, 2008).

Los flavonoles poseen una gran capacidad antioxidante como resultado de su estructura química. Así el grupo o-difenol en el anillo B, el doble enlace en las posiciones 2 y 3 conjugados con la función 4-oxo, y los grupos hidroxilos en las posiciones 3 y 5 presentan capacidad para secuestrar radicales libres. Por ello la quercetina, la cual se encontró en la flores de dalia (7.2 a 36.4 µg·g⁻¹) con todas estas características en su estructura química, constituye uno de los más potentes antioxidantes naturales (Martínez-Valverde *et al.*, 2000) y al estar presente en los colores púrpura y guinda pudiera ser una de las razones por las que en estos colores se presenta la mayor capacidad antioxidante. Se puede observar que el color de las flores está relacionado con el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante. Esto se pudo confirmar al realizar una correlación (Cuadro 4). Se presentaron diferencias en el tipo y concentración de compuestos fenólicos encontrados en los distintos colores de flores de dalia evaluados que posiblemente tiene como consecuencia diferencias respecto a la capacidad antioxidante.

function, and the hydroxyl groups in positions 3 and 5 have ability to scavenge free radicals. Therefore, quercetin, which is found in dahlia flowers (7.2 to 36.4 µg·g⁻¹) with all these features in their chemical structure, is one of the most potent natural antioxidants (Martínez-Valverde *et al.*, 2000) and to be present in the colors purple and cherry this could be one reason why these colors have the highest antioxidant capacity. It can be seen that the flower color is related to the phenolic content and antioxidant capacity. This could be confirmed by performing a correlation (Table 4). We observed differences in the type and concentration of phenolic compounds found in different colors of dahlia flowers assessed, which may have as a result differences regarding the antioxidant capacity

Flavonoids are natural pigments found in plants. The human body cannot produce these protective chemicals, so they must be obtained through diet or as supplements. Flavonoids are widely distributed in plants, fruits, vegetables and several drinks and represent substantial components of the non-energy part of the human diet. A plant with higher content of total phenolic compounds has a higher antioxidant capacity. However, it can be seen that some plants have an antioxidant activity than that expected, or on the contrary, a low activity which is unrelated to the content of phenolic compounds. This indicates that the antioxidant capacity of a plant is due to the combined effect of several factors, such as the presence of other antioxidant metabolites such as vitamin C, carotenoids, among others (Alejandro-Espinosa *et al.*, 2013).

Total anthocyanins

Figure 1c show the results of the determination of total anthocyanins. It was observed that there is a difference between each of the samples according to the color of the ligule, except for samples with black and yellow color, where no difference in total anthocyanins was shown. It was also observed that purple dahlia flowers had the highest values of

CUADRO 4. Correlación entre vitamina A (β-caroteno), fenoles totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante con el color de lígulas de dalia.

TABLE 4. Correlation between vitamin A (β-carotene), total phenols, total anthocyanins and antioxidant capacity with the color of ligules in dahlia.

	Color de la lígula / Color of ligules
Vitamina A / Vitamin A (β caroteno)	0.996*
Fenoles Totales / Total Phenols	0.967*
Antocianinas / Anthocyanins	0.982*
Capacidad antioxidante / Antioxidant Capacity	0.782*

*: Significativo a una P ≤ 0.05.

*: Significant at P ≤ 0.05.

Los flavonoides son pigmentos naturales presentes en los vegetales. El organismo humano no puede producir estas sustancias químicas protectoras, por lo que deben obtenerse mediante la alimentación o en forma de suplementos. Están ampliamente distribuidos en plantas, frutas, verduras y en diversas bebidas y representan componentes sustanciales de la parte no energética de la dieta humana. Una planta con mayor contenido de compuestos fenólicos totales presenta una mayor capacidad antioxidante. Sin embargo, se puede observar que algunas plantas presentan una actividad antioxidante superior a lo esperado o por el contrario una baja actividad que no se relaciona con el contenido de compuestos fenólicos. Esto es indicativo de que la capacidad antioxidante de un planta se debe al efecto combinado de diversos factores, como puede ser la presencia de otro tipo de metabolitos antioxidantes que podrían ser vitamina C, carotenoides, entre otros (Alejandro-Espinosa *et al.*, 2013).

Antocianinas totales

Los resultados de la determinación de antocianinas totales se muestran en la Figura 1c. Se observó que existe diferencia entre cada una de las muestras en función del color de la lígula, a excepción de las muestras con colores blanco y amarillo, donde no hay diferencia en el contenido de antocianinas totales. También se observó que las flores color púrpura presentaron los valores más altos de antocianinas totales ($257.5 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) seguidas por las flores color rojo ($76.7 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$), rosa ($25.3 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) y violeta ($17.5 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$). Las flores de color amarillo y blanco fueron las de menor contenido de antocianinas totales. Tales resultados concuerdan con lo reportado por Qing-ping y Jian-guo (2011), quienes estudiaron la composición de antocianinas totales en granos de maíz de diferentes tonalidades y encontraron que las tonalidades más oscuras tuvieron mayor concentración en este tipo de compuestos. Cabe mencionar que las antocianinas son pigmentos presentes en algunos vegetales y responsables de conferir a estos las tonalidades rojo, azul y violeta. Así también, se confirma que las lígulas con mayor contenido de antocianinas son las de color púrpura, y las de menor contenido, las de color blanco y amarillo, ya que en este caso los pigmentos que pudieran estar presentes son los carotenoides. Por otro lado, hay estudios en otras flores como la de Jamaica (Galicia-Flores *et al.*, 2008) donde se reportan concentraciones de este tipo de compuestos que van desde $3,649.8$ y $6,066.7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de muestra seca y molida y $1,725.8$ y $2,969.9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ muestra seca de cálices enteros ya sea utilizando metanol o agua como solvente para los extractos. Estos datos son similares a los que se obtuvieron en las flores de dalia color púrpura y por tanto esta flor podría ser una buena fuente de este tipo de compuestos.

Carotenoides

Se observaron diferencias en el contenido de carotenoides en las muestras de flores de dalia, lo cual indica que existen diferencias en el perfil de carotenoides que depen-

total anthocyanins ($257.5 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) followed by red dahlia flowers ($76.7 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$), pink dahlia flowers ($25.3 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) and lilac dahlia flowers ($17.5 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$). Yellow and white dahlia flowers had the lowest content of total anthocyanins. These results agree with that reported by Qing-ping and Jian-guo (2011), who studied the composition of total anthocyanins in maize kernels of different shades and found that the darkest shades had higher concentration of these compounds. It is noteworthy that anthocyanins are pigments found in certain plants and responsible for providing the red, blue and violet hues. Also, it is confirmed that ligules with greater anthocyanins are the purple ligules, and those with the lowest content, are the white and yellow ligules, because in this case the pigments that may be present are the carotenoids. On the other hand, studies in other flowers such as Hibiscus sabdariffa flower (Galicia-Flores *et al.*, 2008) reporting concentrations of these compounds ranging from 3649.8 and $6066.7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ of dry and ground sample and 1725.8 and $2969.9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dry sample of whole calyxes using either methanol or water as a solvent for extracts. These data is similar to that obtained in purple dahlia flowers and therefore this flower could be a good source of these types of compounds.

Carotenoids

Differences in the content of carotenoids in samples of dahlia flowers were observed, indicating that there are differences in the profile of carotenoids depending on the color of ligule (Figure 1d). Orange ligules had the highest carotenoid content ($24.4 \mu\text{g}$ Beta carotene- g^{-1} of ligule). The colors obtained from the lowest content of total carotenoids were red and yellow. In the case of red color, it could be given by the content of total anthocyanins and not by its concentration in total carotenoids, as these types of compounds also contribute to the red color in flowers. In addition to their role as precursors of vitamin A (Salinas, 2008), carotenoids are a group of compounds of importance in foods due to their important biological activities, including the antioxidant activity, are attributed to them.

Antioxidant Capacity

With respect to the antioxidant capacity (Figure 2) no difference were observed between the purple and cherry color samples and among lilac, red and white color samples. The antioxidant activity is a parameter that measures the degree to which the antioxidant compound prevents its substrate from rusting. If the value is close to one hundred, the activity of the compound in question is high. Thus, the greatest inhibition ($\% \text{DPPH}_{\text{INH}}$) was observed in purple and cherry dahlia flowers (24 %) and the lowest values were recorded in lilac, red and white dahlia flowers (17 %). In this case, the antioxidant capacity of the flowers is influenced by the color of their ligules. However, the degree of antioxidant activity is not always associated with the concentration of total polyphenols. The fact that purple color ligules have the highest

de del color de la lígula (Figura 1d). Las lígulas color naranja tuvieron el contenido más alto de carotenoides (24.4 μg Beta caroteno- g^{-1} de lígula). Los colores que resultaron con el contenido más bajo de carotenoides totales fueron el rojo y el amarillo. En el caso del color rojo, éste podría estar dado por el contenido de antocianinas totales y no por su concentración en carotenoides totales, ya que este tipo de compuestos también contribuyen a la coloración roja en las flores. Además de su función como precursores de la vitamina A (Salinas, 2008), los carotenoides constituyen un grupo de compuestos de relevancia en alimentos ya que se les atribuyen importantes actividades biológicas entre las que se puede mencionar la actividad antioxidante.

Capacidad antioxidante

Con respecto a la capacidad antioxidante (Figura 2), se observa que no hay diferencias entre las muestras de color púrpura y guinda, así como las muestras color morado, rojo y blanco. La actividad antioxidante es un parámetro que mide el grado en que el compuesto antioxidante evita que

total polyphenol content and antioxidant capacity coincide for dahlia flowers. This does not happen with other colors of dahlia ligules. Moreover, Solomon *et al.* (2007) suggest that the antioxidant activity is due to pigmentation, because in the case of some fruits there is more activity when these fruits have dark colors. Coincidentally this happened with dahlia flowers, since the samples with higher inhibition (antioxidant capacity) are the purple dahlia flowers. In the present study it was also observed that the concentration of phenolic compounds, specifically anthocyanins, influenced the antioxidant capacity (this is proven by the value of correlation between total anthocyanins and antioxidant activity, Table 5). Moreover, differences in the type and concentration of each phenolic compound in ligules were observed. In this regard, Pineda *et al.* (1999) mention that the antioxidant capacity depends on the type and concentration of antioxidants involved. Different antioxidant capacity is observed under the conditions in which several of these compounds are found. Those highly reactive reduce the most active radicals, while others with lower reactivity act regenerating those of the first row (Thomas, 2000) this may

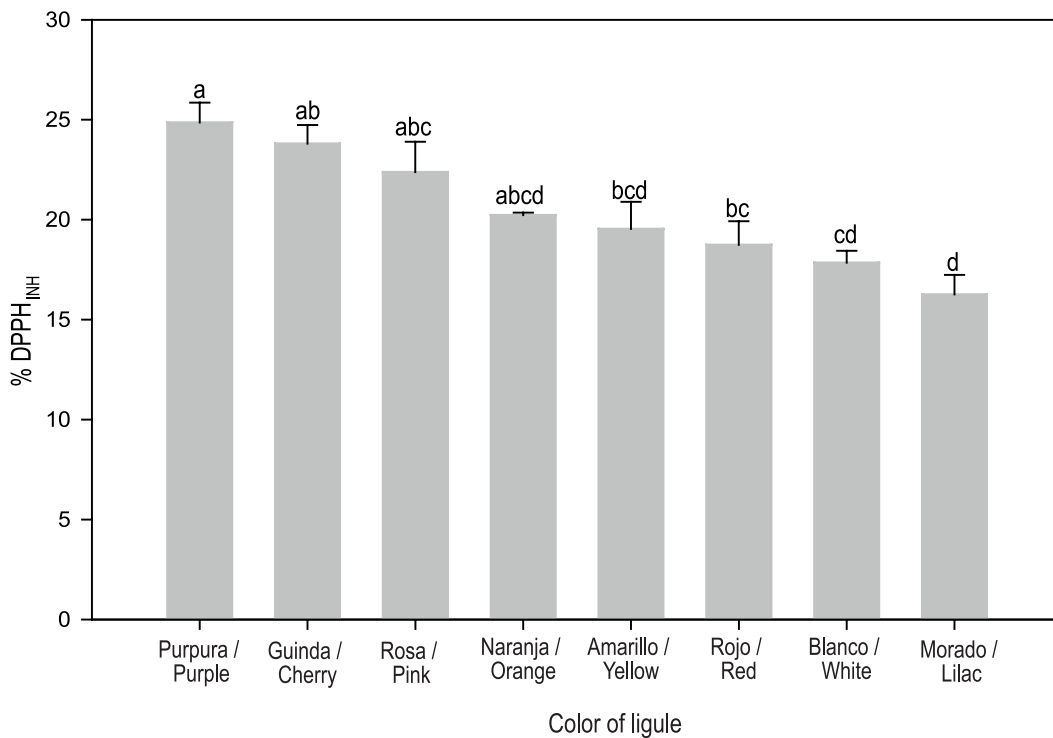


FIGURA 2. Capacidad antioxidante, los datos son expresados como el porcentaje de inhibición de DPPH (% DPPH_{INH}). Los datos son presentados como la media \pm el error estándar de tres mediciones. Comparación de todas las medias usando la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Letras diferentes indican muestras que son significativamente diferentes.

FIGURE 2. Antioxidant capacity, data is expressed as the percent of inhibition of DPPH (% DPPH_{INH}). Data is shown as mean \pm standard error of three measurements. Comparison of all means using the Tukey's test ($P < 0.05$). Different letters indicate samples that are significantly different.

CUADRO 5. Correlación entre vitamina A (β -caroteno), fenoles totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante de lígulas de dalia.
TABLE 5. Correlation among vitamin A (β -carotene), total phenols, total anthocyanins and antioxidant capacity of ligules in dahlia.

	Capacidad Antioxidante / Antioxidant Capacity
Vitamina A / Vitamin A (β -caroteno)	-0.301
Fenoles Totales / Total phenols	0.098
Antocianinas totales / Total anthocyanins	0.766*

*: Significativo a una $P \leq 0.05$.

*: Significant at $P \leq 0.05$.

su sustrato se oxide. Si el valor es cercano a 100, la actividad del compuesto en cuestión es alta. Así, la mayor inhibición (%DPPH_{INH}) se observó con flores de color púrpura y guinda (24 %), y los valores más bajos se registraron en las flores color morado, rojo y blanco (17 %). En este caso, la capacidad antioxidante de las flores es influenciada por el color de sus lígulas. Sin embargo, la mayor o menor actividad antioxidante no siempre va asociada con la concentración de polifenoles totales. Para las flores de dalia coincidió el hecho que el color púrpura presentara el mayor contenido de polifenoles totales y la mayor capacidad antioxidante. No ocurre lo mismo con los otros colores de lígulas de dalia. Asimismo, Solomón *et al.* (2007) sugieren que la capacidad antioxidante se debe a la pigmentación, ya que en el caso de algunos frutos se presenta mayor actividad cuando tienen coloraciones oscuras. Coincidentemente esto ocurrió en las flores dalia, ya que las muestras con mayores índices de inhibición (capacidad antioxidante) son las de color púrpura. En el presente estudio también se pudo observar que la concentración de compuestos fenólicos, específicamente antocianinas totales, tuvo influencia en la capacidad antioxidante (esto se comprueba con el valor de correlación entre antocianinas totales y capacidad antioxidante, Cuadro 5). Además, se presentaron diferencias en el tipo y concentración de cada compuesto fenólico en las lígulas. Al respecto, Pineda *et al.* (1999) mencionan que la capacidad antioxidante depende del tipo y concentración de los antioxidantes involucrados. En las condiciones en que se encuentran varios de estos compuestos, presentan diferente capacidad antioxidante. Los muy reactivos reducen los radicales más activos, mientras que otros con menor reactividad actúan regenerando los de primera línea (Thomas, 2000) y tal vez sea la razón de que muchos de estos compuestos funcionen mejor en mezclas. Pineda *et al.* (1999) analizaron el efecto sinérgico de diferentes constituyentes en algunos alimentos vegetales y encontraron que algunos compuestos fenólicos en asociación con los carotenoides, e incluso la vitamina C, actúan de forma sinérgica en la actividad antioxidante. Esto explica que las lígulas de dalia con colores púrpura y naranja resultaran con los valores más altos de porcentaje de inhibición al DPPH (actividad antirradical).

CONCLUSIONES

Las flores de dalia pueden considerarse un alimento funcional, pues se demostró que contienen compuestos fenólicos

be the reason that many of these compounds work better in mixtures. Pineda *et al.* (1999) analyzed the synergistic effect of various constituents in plant foods and found that certain phenolic compounds in association with the carotenoids, and even vitamin C, act synergistically in the antioxidant activity. This explains why purple and orange dahlia ligules had the highest values of percent inhibition to DPPH (anti-radical activity).

CONCLUSIONS

Dahlia flowers can be considered as functional food because this study showed that these flowers contain phenolic compounds and carotenoids. Purple and orange Dahlia flowers stand out, because these flowers had the highest phenolic composition, carotenoid content and antioxidant capacity.

End of English Version

carotenoides. Sobresalen las flores con coloración púrpura y naranja, ya que presentaron la mayor composición fenólica, contenido de carotenoides y capacidad antioxidante.

LITERATURA CITADA

- ABDEL-AAL, E. S. M.; HUCL, P. 1999. A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. *Cereal Chemistry* 76(3): 350-354. doi: 10.1094/CCHEM.1999.76.3.350
- AGHEL, N.; RAMEZANI, Z.; BEIRANDVAND, S. 2008. Hesperidin from *Citrus sinensis* cultivated in Dezful, Iran. *Pakistan Journal of Biology Science* 11(20): 2451-2453. doi: 10.3923/pjbs.2008.2451.2453
- ALEJANDRO-ESPINOSA, M.; JARAMILLO-FIERRO, X.; OJEDARIASCOS, S.; MALAGÓN-AVILES, O.; RAMÍREZ-ROBLES, J. 2013. Actividad antioxidante y antihiper glucemiante de la especie medicinal *Oreocallis grandiflora* (Lam.) R. Br., al sur del Ecuador. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 12(1): 59-68. <http://www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/blacpma/article/viewFile/1103/1038>
- ANÓNIMO. 2006. Official methods of analyses. Washington, D. C. Association of Official Analytical Chemists.
- ANÓNIMO. 1990. Official methods of analyses. Washington, D. C. Association of Official Analytical Chemists.

- BALAKRISHNAN, A.; MENON, V. P. 2006. Role of hesperidin on nicotine toxicity. *International Journal of Pharmacology* 2(6): 664-669. doi: 10.3923/ijp.2006.664.669
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology* 28(1): 25-30. doi: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5
- CABALLERO R., A.; LÓPEZ Z., E. J.; MEDINA, V. E. 2009. La flor de cuchunuc (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de la población zoque de Tuxla, Gutiérrez, Chiapas, México. *Revista Avances en Seguridad Alimentaria y Nutricional* 1(1): 9-13. <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/avancesan/article/viewFile/1609/1604>
- CEPOI, L.; RUDI, L.; MISCU, V.; COJOCARI, A.; CHIRIAC, T.; SADOVNIC, D. 2009. Antioxidative activity of ethanol extracts from *spirulina platensis* and *nostoc linckia* measured by various methods. *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula Biologie* 16(2): 43-48. <http://core.kmi.open.ac.uk/download/pdf/691730.pdf>
- DASTMALCHI, K.; DAMIENDORMAN, H.; LAAKSO, M.; HILTUNEN, R. 2007. Chemical composition and antioxidative activity of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) extracts. *LWT-Food Science and Technology* 40(9): 1655-1663. doi: 10.1016/j.lwt.2006.11.013
- DRAGOS., M. E.; LÓPEZ L., M.; SAINZE., T. R. 2006. Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 37(4): 58-68. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57937408>
- DÜRÜST, N.; SUMENGEN, D.; DÜRÜST, Y. 1997. Ascorbic acid and element contents of foods of Trabzon (Turkey). *Journal of Agricultural Food Chemistry* 45(6): 2085-2087. doi: 10.1021/jf9606159
- EJOH, A. R.; MBIAPO, F. T.; FOKOU, E. 1996. Nutrient composition of the leaves and flowers of *Colocasia esculenta* and the fruits of *Solanum melongena*. *Plant Foods for Human Nutrition* 49(2): 107-112. doi: 10.1007/BF01091966
- FARAH, A.; MARINO, D. C. 2006. Phenolic compounds in coffee. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 18(1): 23-36. doi: 10.1590/S1677-04202006000100003
- FRIEDMAN, H.; VINOKUR, Y.; ROT, I.; RODOV, V.; GOLDMAN, G.; RESNICK, N.; HAGILADI, A.; UMIEL, N. 2005. *Tropaeolum majus* L. as edible flowers: growth and postharvest handling. *Advances in Horticultural Science* 19(1): 3-8. http://www.torrossa.it/digital/sam/2005/FUP/2209047_SAM.pdf
- GALICIA-FLORES, L. A.; SALINAS-MORENO, Y.; ESPINOZA-GARCÍA, B. M.; SÁNCHEZ-FERIA, C. 2008. Caracterización fisicoquímica y actividad antioxidante de extractos de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) nacional e importada. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(2): 121-129. <http://portal.chapingo.mx/revistas/viewpdf?id=MTg=>
- HASSAN, L. G.; BAGUDO, B. U.; ALIERO, A. A.; UMAR, K. J.; SANI, N. A. 2011. Evaluation of nutrient and anti-nutrient contents of *Parkia biglobosa* (L.) flower. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences* 19(1): 76-80. doi: 10.4314/njbas.v19i1.69347
- HASSAN, L.G.; USMAN, B.B.; KAMBA, A.S.; HASSAN, S.W. 2009. Nutritional composition of vegetable spaghetti (Hasta la pasta). *Nigerian Food Journal* 27: 41 – 49. doi: 10.4314/nifo.v27i2.47471
- HERTOG, M.; HOLLMAN, P.; VENEMA, D. 1992. Optimization of a quantitative HPLC determination of potentially anticarcinogenic flavanoids in vegetables and fruits. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 40: 1591-1598. doi: 10.1021/jf00021a023
- JURCA, T.; MARIAN, E.; VICAS, L.; GATEA, D. 2011. Simultaneous determination of metals in *Hypericum perforatum* L. by ICP-OES. *Revista de Chimie* 62: 1154-1156. <http://www.revistadechimie.ro/pdf/TUNDE%20J%2012%2011.pdf>
- KELLEY, K.M.; BEHE, B.K.; BIEMBAUM, J.A.; POFF, K.L. 2001. Consumer and professional chef perceptions of three edible flowers species. *HortScience* 36: 162-166. <http://hortsci.ashspublications.org/content/36/1/162.full.pdf>
- LEELA, V.; KOKILA, L.; LAVANYA, R.; SARASWATHY, A.; BRINDA, P. 2010. Determination of gallic acid in *Acacia nilotica* Linn by HPTLC. *International Journal of Pharmacology Technology* 2: 285-292. <http://www.ijptonline.com/wp-content/uploads/2009/10/285-292.pdf>
- LINTAS, C. 1992. Nutritional aspects of fruits and vegetable consumption. *Options Mediterannes* 19: 79-86. <http://om.ciheam.org/om/pdf/a19/CI920812.pdf>
- LÓPEZ, M.L.X.; GARCÍA, G.H.S. 2009. Actividad antioxidante de extractos metanólicos y acuosos de distintas variedades de maíz mexicano. *Nova Scientia* 2: 51-65. <http://www.redalyc.org/pdf/2033/203314886004.pdf>
- KÄHKÖNEN, M., ANU, I., HEINONEN, C., HEINONEN, M. 2001. Berry phenolics and their Antioxidant activity. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 49: 4076 – 4082. doi: 10.1021/jf010152t
- MAHADEVAN, N.; SHIVALI; KAMBOJ, P. 2009. *Hibiscus sabdariffa* Linn – An overview. *Natural Product Radiance* 8: 77-83. <http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/3769/1/NPR%208%281%29%2077-83.pdf>
- MARTINEZ-VALVERDE, I.M.J.; PERIAGO, R.G. 2000 Nutritional importance of phenolic compounds in the diet. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 50: 5-18.
- MERA, O.L.M.; BYE, B.R. 2006. La Dahlia una belleza originaria de México. *Revista Digital Universitaria* 7: 2-11. http://www.revista.unam.mx/vol.7/num11/art90/nov_art90.pdf
- MORAES DE SOUZA, R.A.; OLDONI, T.L.C.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; ALENCAR, S.M. 2008. Antioxidant activity and phenolic composition of herbal infusions consumed in Brazil. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 6: 41-47. <http://www.redalyc.org/pdf/724/72460106.pdf>
- MORAZZONI, P.; MALANDRINO, S. 1988. Anthocyanins and their aglycons as scavengers of free radicals and antilipoperoxidant agents. *Pharmacological Research Communications* 20: 254. doi: 10.1016/S0031-6989(88)80384-9
- MORTON, J.F.; ALVAREZ, E.; QUIÑONEZ, C. 1990. Loroco, *Fernaldia pandurata* (Apocynaceae): A Popular Edible Flower of Central America. *Economic Botany* 44: 301-310. doi: 10.1007/BF03183911
- MUÑOZ-JAUREGUI, A.M.; RAMOS-ESCUADERO, D.F.; ALVARADO-ORTIZ, U.C.; CASTAÑEDA, C.B. 2007. Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos promisorios. *Revista de la Sociedad Química*

- de Perú 73: 142-149. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v73n3/a03v73n3.pdf>
- ODRIOZOLA-SERRANO, I.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. 2008. Phenolic acids, flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity of strawberry juices processed by high-intensity pulsed electric fields or heat treatments. *European Food Research and Technology* 228: 239-248. doi: 10.1007/s00217-008-0928-5
- PINEDA, A.D.; SALUCCI, M., LÁZARO, R.; MAIANI, G.; FERRO-LUZZI, A. 1999. Capacidad antioxidante y potencial de sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición* 13: 104-11. http://bvs.sld.cu/revistas/ali/vol13_2_99/ali04299.pdf
- QING-PING, H.; JIAN-GUO, X. 2011. Profiles of carotenoids, anthocyanins, phenolics, and antioxidant activity of selected color waxy corn grains during maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59: 2026–2033. doi: 10.1021/jf104149q
- RICHARD, A.E.; TCHOUANGUEP, M.; ELLIE, F. 1996. Nutrients composition of the leaves and flowers of *Colocasia esculenta* and the fruits of *Solanum melongena*. *Plant Foods for Human Nutrition* 49: 107-112. doi: 10.1007/BF01091966
- RIVAS- ARREOLA, M.J.; ROCHA-GUZMAN, N.E.; GALLEGOS-INFANTE, J.A.; GONZALEZ-LAREDO R.F.; ROSALES-CASTRO, M.; BACON, J.R.; RONG (TSAO) CAO, PROULX, A.; INTRIAGO- ORTEGA, P. 2010. Antioxidant activity of oak (*Quercus*) leaves infusions against free radicals and their cardioprotective potential. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 13: 537-545. <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/pjbs/2010/537-545.pdf>
- RODRÍGUEZ, L. M. 2009. Determinación de la actividad antioxidante de pétalos comestibles [disertación]. Departamento de Ingeniería Química (DEQ) Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Barcelona, España.
- ROP, O.; MLCEK, J.; JURIKOVA, T.; NEUGEBAUEROVA, J.; VABKOVA, J. 2012. Edible flowers—a new promising source of mineral elements in human nutrition. *Molecules* 17: 6672-6683. doi:10.3390/molecules17066672
- ROZANO, L.G.V.; QUIRÓZ, S.C.; ACOSTA, P.J.C.; PIMENTEL, A.L.A.; QUIÑONES, R.E.I. 2004. Hortalizas, las llaves de la energía. *Revista Digital Universitaria*. [en línea]. 6(9). <http://www.revista.unam.mx/vol.6/num9/art88/int.88.htm>
- RUZAINAH, A.J.; AHMAD, R.B.A.; NOIZAINI, C. M.; VASUDEVAN, R. 2009. Proximate analysis of dragon fruit (*Hytecerens polyhizus*). *American Journal of Applied Sciences* 6(7): 1341- 1346. doi: 10.3844/ajassp.2009.1341.1346
- SALINAS, M. Y.; SAAVEDRA, A. S.; SORIA, R. J.; ESPINOSA, T. E. 2008. Physicochemical characteristics and carotenoid content in yellow corn (*Zea mays* L.) grown in the state of Mexico. *Agricultura Técnica en México* 34: 357-364. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v34n3/v34n3a11.pdf>
- SOARES, M.C.; TACIANA, R.E.; KUSKOSKI, E.M.; GONZAGA, L.V.; LIMA, A.; FILHO, J.M.; FETT, R. 2008. Composition of phenolic acids content in apple (*Malus* sp.) pomace. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 29 (2) 339-348. http://www.uel.br/propgp/portal/pages/arquivos/pesquisa/semina/pdf/semina_29_2_19_12.pdf
- SOLOMÓN, A.; GOLUBOWICZ, S.; YABLOWICZ, Z.; GROSSMAN, S.; BERGMAN, M.; GOTTLIEB, H. 2006. Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 7717-7723. doi: 10.1021/jf060497h
- SOTELO, A.; LÓPEZ-GARCÍA, S.; BASURTO-PENÑA, F. 2007. Content of nutrient and antinutrient in edible flowers of wild plants in Mexico. *Plant Foods for Human Nutrition* 62: 133–138. doi: 10.1007/s11130-007-0053-9
- SREELATHA, S.; PADMA, P.R. 2009. Antioxidant activity and total phenolic content of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity. *Plant Foods for Human Nutrition* 64: 303-311. doi: 10.1007/s11130-009-0141-0
- TARHAN, L.; KAYALL, H.A.; UREK, R.O. 2007. In vitro antioxidant properties of *Curcubita pepo* L. male and female flowers extracts. *Plant Foods for Human Nutrition* 62: 49-51. doi: 10.1007/s11130-006-0038-0
- THOMAS, M.J. 2000. The role of free radicals and antioxidants. *Nutrition* 16(7): 716-718. <http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/0899-9007/PIIS0899900700003439.pdf>
- TOLEDO, T.; NAGEM, T.J.; ROCHA C., M.; MARCIANO C., L.; MAGALHÃES, N.M.; STRINGHETA, P.C.; QUEIROGA DE LIMA, E.; KLING DE MORAES, G.H.; DA SILVA VIEIRA, H. 2004. Biological properties of natural dyes. *Ars Pharmaceutica* 45: 5-20. <http://farmacia.ugr.es/ars/pdf/276.pdf>
- TREVIÑO, G.; MERA, O.L.M.; BYE, B.R.; MEJÍA, M.J.M.; LAGUNA, C.A. 2007. Historia de la Dalia (*Acocoxóchitl*) la flor nacional de México. Ed. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México, D. F. 27p.
- VANDERJAGT, T.J.; GHATTAS, R.; VANDERJAGT, D.J.; CROSSEY, M.; GLEW, R.H. 2002. Comparison of the total antioxidant content of 30 widely used medicinal plants of New Mexico. *Life Sciences* 70: 1035–1040. doi: 10.1016/S0024-3205(01)01481-3