

## Effect of roasting on the nutritional value and antioxidant components of Maya nut (*Brosimum alicastrum*: Moraceae)

## Efecto del tostado sobre el valor nutricional y componentes antioxidantes de la semilla de capomo (*Brosimum alicastrum*: Moraceae)

Cris del Carmen Quintero-Hilario; Félix Esparza-Torres; Ma. del Rosario García-Mateos\*; Ma. Carmen Ybarra-Moncada; Lyzbeth Hernández-Ramos

Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Estado de México, C. P. 56230, MÉXICO.

\*Autor para correspondencia: rosgar08@hotmail.com, tel. 595 952 1500 ext. 6313.

### Abstract

The study of foods with antioxidant properties has increased considerably in recent years due to the interest in nutraceutical compounds and their contributions to health. However, there are some seeds with antioxidant components that remain underutilized or unused, such as the Maya nut, the seed of *Brosimum alicastrum* Swartz (family Moraceae), which was consumed by the ancient Maya and other Mesoamerican peoples. The Maya nut is known in the region today as *capomo*, *nuez de maya*, *mojo* or *ramón*. The objective of this research was to evaluate the contents of minerals, nutritional compounds and antioxidants in fresh Maya nuts and with two roasting treatments (medium and high roasting at 90 °C for 20 and 35 min, respectively). In general, roasting did not affect the nutritional quality of the seeds, although the concentration of lipids and flavonoids decreased significantly ( $P \leq 0.05$ ). Roasting significantly increased ( $P \leq 0.05$ ) the content of condensed tannins (365.09 and 1,874.79 mg catechin equivalent·100 g<sup>-1</sup> of fresh and highly-roasted seeds, respectively) and soluble phenolic compounds (271.58 and 1,337.19 mg gallic acid equivalent·100 g<sup>-1</sup> of fresh and highly-roasted seeds, respectively). Also, metabolites significantly correlated with the observed antioxidant activity (Pearson's correlation). Maya nuts could be considered a functional food due to their nutritional quality and high content of antioxidant components.

**Keywords:** antioxidant activity, flavonoids, tannins, phenolic compounds, minerals.

### Resumen

Actualmente, el estudio de los alimentos con propiedades antioxidantes ha incrementado considerablemente debido al interés de los compuestos nutraceuticos y sus aportaciones a la salud. No obstante, existen semillas subutilizadas y no aprovechadas apesar de ser una fuente de componentes antioxidantes, como las semillas de *Brosimum alicastrum* Swartz (familia Moraceae), las cuales eran consumidas ancestralmente en México y, de acuerdo con la región, se conocen como capomo, nuez maya, mojo o ramón. El objetivo de la presente investigación fue evaluar los contenidos de minerales, compuestos nutricionales y antioxidantes en semillas de capomo fresco y con dos tratamientos de tostado (tostado medio y alto a 90 °C, por 20 y 35 min, respectivamente). En general, el tostado no afectó la calidad nutricional de las semillas, aunque disminuyó significativamente ( $P \leq 0.05$ ) la concentración de lípidos y flavonoides. El tostado incrementó significativamente ( $P \leq 0.05$ ) el contenido de taninos condensados (365.09 y 1,874.79 mg equivalentes de catequina·100 g<sup>-1</sup> de semillas frescas y con tostado alto, respectivamente) y de compuestos fenólicos solubles (271.58 y 1,337.19 mg equivalentes de ácido gálico·100 g<sup>-1</sup> de semillas frescas y con tostado alto, respectivamente), metabolitos correlacionados significativamente con la actividad antioxidante observada (correlación de Pearson). Las semillas de capomo podrían considerarse un alimento funcional por su calidad nutricional y alto contenido de componentes antioxidantes.

**Palabras clave:** actividad antioxidante, flavonoides, taninos, compuestos fenólicos, minerales.



## Introduction

Since ancient times, seeds of various species have been used as human and animal food (Bhat, 2011). Recently, the consumption of seeds and nuts has increased due to their properties and beneficial health effects, generated by reserve substances (mainly carbohydrates, lipids and proteins) and nutraceutical compounds (Bhat, 2011). The common denominator of most nutraceuticals (phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins and vitamin C) is their antioxidant capacity; that is, they neutralize the free radicals responsible for membrane oxidation and DNA damage, in addition to promoting chronic degenerative diseases (such as cancer and cardiovascular diseases) and aging (Pérez-Leonard, 2006; Shahidi, 2012).

In underdeveloped countries, approximately 80 % of the population that practices traditional medicine uses seeds for their therapeutic properties (Bhat, 2011). The seeds of numerous families (Rosaceae, Amaranthaceae, Annonaceae, Meliaceae, Leguminosae, Chenopodiaceae, Rubiaceae, Umbelliferae, Cucurbitaceae and Cactaceae) are used for their medicinal properties and industrial and pharmaceutical applications (Bhat, 2011), although the consumption of some seeds has been limited due to the presence of substances known as antinutritional compounds (alkaloids, tannins, oxalates, lectins, and cyanogenic glycosides) (Román-Cortés, García-Mateos, Castillo-González, Sahagún-Castellanos, & Jiménez-Arellanes, 2014; Singh & Kaur, 2013). However, there are some seeds with antioxidant components that remain underutilized or unused, such as the Maya nut, the seed of *Brosimum alicastrum* Swartz (family Moraceae). The Maya nut is known in the region today as *capomo*, *nuez maya*, *ojite*, *mojote* or *ramón* (Meiners, Sánchez-Garduño, & de Blois, 2009).

The *Brosimum alicastrum*, an endemic species of Mesoamerica, is one of the dominant trees in the tropical forests of Mexico and Central America, extending as far as Peru and the Caribbean Islands (Vega-López, Valdez-Hernández, & Cetina-Alcalá, 2003). In Mexico, it is found from Sinaloa to Chiapas on the Pacific coast, and from Tamaulipas to Quintana Roo on the Gulf of Mexico coast (Vázquez-Yanes, Batis-Muñoz, Alcocer-Silva, Gual-Díaz, & Sánchez-Dirzo, 1999). This species is a floristic component in areas with tall or medium-height, evergreen to deciduous tropical forests, vegetation that occupies an estimated area of 12 million hectares, from 6 to 7 % of the national territory (Vázquez-Negrín, Castillo-Acosta, Valdez-Hernández, Zavala-Cruz, & Martínez-Sánchez, 2011). The genus *Brosimum* comprises 15 species, but *B. alicastrum* is the only one of them found in Mexico (Vega-López et al., 2003).

The *B. alicastrum* has a sweet-tasting fruit that envelops a seed known as a Mayan nut, as historical documents

## Introducción

Desde tiempos remotos, las semillas de diversas especies se han usado como alimento humano y animal (Bhat, 2011). Recientemente, el consumo de semillas y nueces se ha incrementado debido a sus propiedades y efectos benéficos para la salud, generados por sustancias de reserva (principalmente carbohidratos, lípidos y proteínas) y compuestos nutraceuticos (Bhat, 2011). El común denominador de la mayoría de los nutraceuticos (compuestos fenólicos, flavonoides, antocianinas y vitamina C) es su capacidad antioxidante; es decir, neutralizan los radicales libres responsables de la oxidación de membranas y del daño al ADN, además de que promueven enfermedades crónico degenerativas (como el cáncer y enfermedades cardiovasculares) y envejecimiento (Pérez-Leonard, 2006; Shahidi, 2012).

En países subdesarrollados, aproximadamente 80 % de la población que practica la medicina tradicional emplea semillas por sus propiedades terapéuticas (Bhat, 2011). Las semillas de numerosas familias (Rosaceae, Amaranthaceae, Annonaceae, Meliaceae, Leguminosae, Chenopodiaceae, Rubiaceae, Umbelliferae, Cucurbitaceae y Cactaceae) se aprovechan por sus propiedades medicinales, uso industrial y farmacéutico (Bhat, 2011), aunque el consumo de algunas semillas se ha limitado debido a la presencia de sustancias conocidas como antinutricionales (alcaloides, taninos, oxalatos, lectinas y glucósidos cianogénicos) (Román-Cortés, García-Mateos, Castillo-González, Sahagún-Castellanos, & Jiménez-Arellanes, 2014; Singh & Kaur, 2013). Sin embargo, existen semillas subutilizadas y no aprovechadas a pesar de ser una fuente de compuestos antioxidantes como las semillas de la especie *Brosimum alicastrum* Swartz (Moraceae), conocida, de acuerdo con la región de consumo, como *capomo*, *nuez maya*, *ojite*, *mojote* o *ramón* (Meiners, Sánchez-Garduño, & de Blois, 2009).

El *capomo*, especie endémica de Mesoamérica, es uno de los árboles dominantes de las selvas de México y Centroamérica, hasta Perú y las Islas del Caribe (Vega-López, Valdez-Hernández, & Cetina-Alcalá, 2003). En México, se encuentra desde Sinaloa hasta Chiapas, en el litoral del Pacífico, y desde Tamaulipas hasta Quintana Roo, en el litoral del Golfo de México (Vázquez-Yanes, Batis-Muñoz, Alcocer-Silva, Gual-Díaz, & Sánchez-Dirzo, 1999). Esta especie es un componente florístico en zonas con selvas altas o medianas, y de perennifolias a deciduas, vegetación que ocupa una superficie estimada de 12 millones de hectáreas, de 6 a 7 % de la superficie del territorio nacional (Vázquez-Negrín, Castillo-Acosta, Valdez-Hernández, Zavala-Cruz, & Martínez-Sánchez, 2011). El género *Brosimum* comprende 15 especies, pero únicamente se localiza en México *B. alicastrum* (Vega-López et al., 2003).

indicate its use as a subsistence food of the ancient Maya (Meiners et al., 2009). Traditionally, this tree has been used in the treatment of diabetes, asthma and bronchitis. The bark is used in infusions as a tonic, and the latex as a milk substitute and in asthma control (Orantes-García, Caballero-Roque, & Velázquez-Méndez, 2012; Serralta-Peraza, Rosado-May, Méndez-Mena, & Cruz-Martínez., 2002).

Maya nuts, besides having a high content of proteins, folic acid, minerals, fiber, tryptophan and vitamins (A and C), are a source of phenolic compounds (gallic acid, p-hydroxybenzoic acid, vanillic acid, caffeic acid and p-coumaric acid), an important resource of natural antioxidants (Meiners et al., 2009; Ozer, 2017). These seeds, as well as pecan nuts, hazelnuts, almonds, pistachio nuts and legumes, among others, are consumed fresh, although currently Maya nuts are also consumed roasted and ground, the latter mainly as a coffee substitute for caffeine-intolerant people (Meiners et al., 2009). However, the alteration of the nutraceutical compounds present in these seeds caused by roasting is unknown, as thermal processes influence the color, flavor and texture of foods.

Roasting has been reported to reduce the antioxidant activity of a food mainly due to the degradation of phenolic compounds (Pérez-Martínez, Caemmerer, Paz-de Peña, Cid, & Kroh, 2010). Numerous studies indicate an inverse correlation between the consumption of foods rich in phenolic compounds and the incidence of cardiovascular diseases (Geleijnse, Launer, Van der Kuip, Hofman, & Witteman, 2002; Soto-Hernández, Palma-Tenango, & García-Mateos, 2017; Yeddes, Cherif, Guyot, Helene, & Ayadi, 2013).

The present study can contribute to promoting the consumption of Maya nut based on the health benefits resulting from its antioxidant components and minerals, as well as providing added value to revalue its nutritional richness and interest in it as a coffee substitute. Based on the above, the objective was to evaluate the content of minerals, nutritional components and antioxidants in fresh Maya nut flour with two roasting times (medium roasting and high roasting).

## Materials and methods

### Plant material

Seeds were randomly collected from a population of 25 *B. alicastrum* trees, free of pests and diseases, located in “El Bramador”, Talpa de Allende, Jalisco, Mexico (20° 22' 50" NL and 104° 49' 19" WL), with a semi-warm sub-humid climate with summer rains (Ramírez-Sánchez, Meulenert-Peña, & Gómez-Reyna, 2013). From this population four *B. alicastrum* trees were selected, from which their seeds were randomly collected and

El capomo posee un fruto con sabor dulce que envuelve una semilla también conocida como nuez maya, ya que documentos históricos señalan su uso como alimento de subsistencia de los antiguos mayas (Meiners et al., 2009). Tradicionalmente, este árbol se ha empleado en los tratamientos de diabetes, asma y bronquitis. La corteza se utiliza en infusiones como tónico, y el látex como sustituto de leche y en el control de asma (Orantes-García, Caballero-Roque, & Velázquez-Méndez, 2012; Serralta-Peraza, Rosado-May, Méndez-Mena, & Cruz-Martínez., 2002).

Las semillas de capomo, además de poseer un contenido alto de proteínas, ácido fólico, minerales, fibra, triptófano y vitaminas (A y C), son fuente de compuestos fenólicos (ácido gálico, ácido p-hidroxibenzoico, ácido vanílico, ácido cafeico y ácido p-cumárico), un importante recurso de antioxidantes naturales (Meiners et al., 2009; Ozer, 2017). Dichas semillas, así como las nueces pecaneras, avellanas, almendras, pistachos y leguminosas, entre otras, se consumen frescas; aunque, actualmente, las semillas de capomo también se consumen tostadas y molidas, esto último principalmente como sustituto del café para personas intolerantes a la cafeína (Meiners et al., 2009). Sin embargo, se desconoce la alteración de los compuestos nutraceuticos presentes en estas semillas ocasionada por el tostado, dado que los procesos térmicos influyen en el color, sabor y textura de los alimentos.

Se ha reportado que el tostado reduce la actividad antioxidante de un alimento debido, principalmente, a la degradación de los compuestos fenólicos (Pérez-Martínez, Caemmerer, Paz-de Peña, Cid, & Kroh, 2010). Numerosos estudios señalan una correlación inversa entre el consumo de alimentos ricos en compuestos fenólicos y la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Geleijnse, Launer, Van der Kuip, Hofman, & Witteman, 2002; Soto-Hernández, Palma-Tenango, & García-Mateos, 2017; Yeddes, Cherif, Guyot, Helene, & Ayadi, 2013).

El presente estudio puede contribuir a promover el consumo de capomo en beneficio de la salud por sus componentes antioxidantes y minerales, así como proporcionar valor agregado para revalorizar su riqueza nutricia e interés como sustituto del café. Con base en lo anterior, el objetivo fue evaluar el contenido de minerales, componentes nutricionales y antioxidantes en harina de semillas de capomo fresco y con dos tiempos de tostado (tostado medio y tostado alto).

## Materiales y métodos

### Material vegetal

Las semillas se recolectaron aleatoriamente de una población de 25 árboles de capomo, libre de plagas y enfermedades, localizada en “El Bramador”, Talpa de

divided into four parts: three for the application of treatments and one that was discarded. The seeds were washed with drinking water and subjected to an aeration process to remove moisture. Each seed lot had an average weight of 200 g.

A completely randomized design was established for the experiment, where the treatments evaluated were: fresh seeds (FS), seeds with medium roasting at 90 °C for 20 min (SMR) and seeds with high roasting at 90 °C for 35 min (SHR) (similar to that applied by the producers). Five replications were performed per treatment. The seeds of all treatments were mechanically pulverized ( $\emptyset = 20$  Mesh) in a mill (model 4, Thomas Scientific, USA), and stored at room temperature until analysis.

### Quantification of minerals

The Fe, Ca, Mg, K and Na contents were determined in a fresh and ground sample with 3N HCl for acid digestion at a temperature of 100 °C for 10 min. The mixture was brought to 25 mL with deionized water, and then the concentration of these elements was determined by atomic absorption spectrophotometry (Analyst 700, PerkinElmer®, USA). Results were expressed in milligrams per 100 g of fresh weight Maya nut sample ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ f.w.}$ ).

### Proximal analysis

The percentages of moisture, lipids, crude fiber and ash from each ground sample were determined by methods described by the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990). The total carbohydrate content was calculated by difference using the following formula:  $TC = 100 - (P + L + A + F + M)$ ; where TC is the total carbohydrates (%), P is the protein, L is the lipids, A is the ash, F is the fiber and M is the moisture (Adu & Aremu, 2011). Results were expressed as a percentage of fresh weight.

### Quantification of soluble phenolic compounds

One g of ground seed sample was macerated in methanol, acetic acid and water (10:1:9, v/v/v) to obtain a concentration of  $0.1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  and extract the analysis metabolites. Subsequently, the content of total phenolic compounds was determined by the Folin-Ciocalteu method (Singleton & Rossi, 1965); for this, 1 mL of the extract was mixed with 10 mL of water and 1 mL of Folin-Ciocalteu reagent (2 N). The mixture was left to stand for 2 min; later, 4 mL of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (7.5 %, w/v) were added and left to stand in darkness at room temperature for 60 min. Finally, the absorbance was read at 765 nm in a spectrophotometer (Genesys 10s, Thermo Scientific, USA). The concentration of the soluble phenolic compounds was determined from

Allende, Jalisco, México (20° 22' 50" latitud norte y 104° 49' 19" longitud oeste), con un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano (Ramírez-Sánchez, Meulenert-Peña, & Gómez-Reyna, 2013). De dicha población se seleccionaron cuatro árboles de capomo, de los cuales se recolectaron sus semillas aleatoriamente y se dividieron en cuatro partes: tres para la aplicación de tratamientos y una se descartó. Las semillas se lavaron con agua potable y se sometieron a un proceso de aireación para eliminar la humedad. Cada lote de semillas presentó un peso promedio de 200 g.

Para el experimento, se estableció un diseño completamente al azar, en donde los tratamientos evaluados fueron: semillas frescas (SF), semillas con tostado medio a 90 °C por 20 min (STM) y semillas con tostado alto a 90 °C por 35 min (STA) (similar al aplicado por los productores). Se realizaron cinco repeticiones por tratamiento. Las semillas de todos los tratamientos se pulverizaron mecánicamente ( $\emptyset = 20$  Mesh) en un molino (modelo 4, Thomas Scientific, EUA), y se almacenaron a temperatura ambiente hasta el momento de su análisis.

### Cuantificación de minerales

La determinación de los contenidos de Fe, Ca, Mg, K y Na se realizó en una muestra molida y fresca con HCl 3N para su digestión ácida a una temperatura de 100 °C por 10 min. La mezcla se aforó a 25 mL con agua desionizada, y después se determinó la concentración de estos elementos mediante espectrofotometría de absorción atómica (Analyst 700, PerkinElmer®, EUA). Los resultados se expresaron en miligramos por 100 g de muestra de semillas de capomo en peso fresco ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ).

### Análisis proximal

Los porcentajes de humedad, lípidos, fibra cruda y cenizas de cada muestra molida se determinaron mediante los métodos descritos por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 1990). El contenido de carbohidratos totales se calculó por diferencia mediante la siguiente fórmula:  $CT = 100 - (P + L + C + F + H)$ ; donde CT son los carbohidratos totales (%), P es la proteína, L son los lípidos, C son las cenizas, F es la fibra y H es la humedad (Adu & Aremu, 2011). Los resultados se expresaron como porcentaje en peso fresco.

### Cuantificación de compuestos fenólicos solubles

Se maceró 1 g de muestra de semillas molidas en metanol, ácido acético y agua (10:1:9, v/v/v) para obtener una concentración de  $0.1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  y extraer los metabolitos de análisis. Posteriormente, el contenido de compuestos fenólicos totales se determinó por el método de Folin-Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965);



a standard curve based on gallic acid (GA). The total soluble phenolic content was expressed in milligrams of gallic acid equivalents per 100 g of fresh weight ground seed sample (mg GAE·100 g<sup>-1</sup> f.w.).

### Quantification of flavonoids

One g of ground seed sample was weighed and macerated in 80 % (v/v) methanol to obtain a concentration of 0.1 g·mL<sup>-1</sup>. Flavonoid content was quantified according to the Dowd method, adapted by Arvouet-Grand, Vennat, Pourrat, and Legret (1994). First, 0.5 mL of AlCl<sub>3</sub> (2 %, w/v) and distilled water were added to 2 mL of the methanolic extract, up to a final volume of 25 mL. The mixture was homogenized in a vortex and incubated in darkness at room temperature for 30 min. Finally, the mixture's absorbance was measured at a wavelength of 425 nm in a spectrophotometer (Genesys 10s, Thermo Scientific, USA). Flavonoids were quantified from a standard curve based on flavone quercetin (Q). Results were expressed in milligrams of quercetin equivalents per 100 g of fresh weight ground seeds (mg QE·100 g<sup>-1</sup> f.w.).

### Quantification of condensed tannins

First, 200 mg of ground seeds were mixed with 10 mL of 1 % HCl in methanol (v/v). The mixture was kept under constant stirring for 20 min, after which 1 mL of the filtered mixture was taken and 4 mL of 8 % HCl in methanol (v/v) and a solution of vanillin in 4% methanol (v/v) were added at a ratio of 1:1. The resulting mixture was kept in a water bath at 30 °C for 20 min. Finally, the mixture's absorbance was measured at 500 nm. Tannins were quantified using a standard curve based on catechin (C) (Cardador-Martínez, Jiménez-Martínez, & Sandoval, 2011). The content of condensed tannins was expressed as milligrams of catechin equivalents in 100 g of fresh weight ground seeds (mg CE·100 g<sup>-1</sup> f.w.).

### Evaluation of antioxidant activity

The ground seed sample was macerated in 80 % (v/v) methanol at a concentration of 0.1 g·mL<sup>-1</sup>. Antioxidant activity was quantified from the inhibitory capacity of 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) free radicals, obtained following the methodology described by Re et al. (1999); For this, a solution of 7 mM of ABTS in distilled water and another of 2.45 mM of potassium persulfate were prepared and then combined at a 2:1 ratio. The mixture was left to stand for 16 h in darkness to allow free radical generation. Subsequently, the mixture was diluted with ethanol to an absorbance of  $0.7 \pm 0.001$  at 734 nm. On the other hand, 1 mL of the solution of the ABTS<sup>+</sup> radical solution was taken and 10 µL of the methanolic extract were added; the mixture was incubated in a water bath at 30 °C in darkness for 7 min. Finally, the mixture's

para ello, se mezcló 1 mL del extracto con 10 mL de agua y 1 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu (2 N). La mezcla se dejó reposar por 2 min; posteriormente, se adicionaron 4 mL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (7.5 %, p/v) y se dejó reposar en oscuridad a temperatura ambiente durante 60 min. Finalmente, se tomó lectura de la absorbancia a 765 nm en un espectrofotómetro (Genesys 10s, Thermo Scientific, EUA). La concentración de los compuestos fenólicos solubles se determinó a partir de una curva estándar a base de ácido gálico (AG). El contenido total de fenólicos solubles se expresó en miligramos equivalentes de ácido gálico por 100 g de muestra de semillas molidas en peso fresco (mg EAG·100 g<sup>-1</sup> p.f.).

### Cuantificación de flavonoides

Se pesó 1 g de muestra de semillas molidas y se maceró en metanol al 80 % (v/v), para obtener una concentración de 0.1 g·mL<sup>-1</sup>. El contenido de flavonoides se cuantificó de acuerdo con el método Dowd, adaptado por Arvouet-Grand, Vennat, Pourrat, y Legret (1994). A 2 mL del extracto metanólico se le agregaron 0.5 mL de AlCl<sub>3</sub> (2 %, p/v) y agua destilada hasta un volumen final de 25 mL. La mezcla se homogeneizó en un vortex y se incubó en oscuridad a temperatura ambiente durante 30 min. Finalmente, se midió la absorbancia de la mezcla a una longitud de onda de 425 nm en un espectrofotómetro (Genesys 10s, Thermo Scientific, EUA). Los flavonoides se cuantificaron a partir de una curva estándar a base de flavona quercetina (Q). Los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de quercetina por 100 g de semillas molidas en peso fresco (mg EQ·100 g<sup>-1</sup> p.f.).

### Cuantificación de taninos condensados

Se mezclaron 200 mg de semillas molidas con 10 mL de HCl al 1 % en metanol (v/v). La mezcla se mantuvo en agitación constante por 20 min. Se tomó 1 mL de la mezcla filtrada y se agregaron 4 mL de HCl al 8 % en metanol (v/v) y una solución de vainillina en metanol al 4 % (v/v) en una proporción 1:1. La mezcla resultante se mantuvo en baño maría a 30 °C por 20 min. Finalmente, se midió la absorbancia de la mezcla a 500 nm. Los taninos se cuantificaron mediante una curva estándar realizada a base de catequina (C) (Cardador-Martínez, Jiménez-Martínez, & Sandoval, 2011). El contenido de taninos condensados se expresó como miligramos equivalentes de catequina en 100 g de semillas molidas en peso fresco (mg EC·100 g<sup>-1</sup> p.f.).

### Evaluación de la actividad antioxidante

La muestra molida de semillas se maceró en metanol al 80 % (v/v) a una concentración de 0.1 g·mL<sup>-1</sup>. La actividad antioxidante se cuantificó a partir de la capacidad inhibitoria de radicales libres ABTS [ácido 2,2'-azino-bis(3-etilben-zotiazolin)-6-sulfónico], que se obtuvo siguiendo la metodología descrita por

absorbance reading was taken at a wavelength of 734 nm. Antioxidant activity was quantified from a standard curve based on trolox (T) (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid). Results were expressed in milligrams of trolox equivalents per 100 g of fresh weigh ground seeds (mg TE·100 g<sup>-1</sup> f.w.). The percentage of inhibition of the ABTS<sup>+</sup> free radical was calculated with the following formula:

$$\text{Inhibition (\%)} = \frac{A_i - A_f}{A_i} \times 100$$

where  $A_i$  is the initial absorbance of the free radical at 734 nm and  $A_f$  is the final absorbance of the reaction with the sample.

### Statistical analysis

The results obtained were subjected to an analysis of variance and Tukey's multiple comparison test ( $P \leq 0.05$ ) using Statistical Analysis System (SAS, 2003) software. Results were expressed as the mean ( $\pm$  standard deviation) of the five replications. The relationship between the phytochemical variables was determined by Pearson's correlation coefficient.

## Results and discussion

### Mineral content

No significant differences ( $P \geq 0.05$ ) were observed between the mineral contents analyzed in fresh and roasted Maya nuts (Table 1). It is important to note that the Fe and Mg contents were higher than those reported in legumes and nuts, as well as the Ca and K contents found in hazelnut, macadamia nut, pecan nut and pistachio nut. In contrast, Maya nuts showed a lower Na concentration than reported in some legumes, pecan nuts and pistachio nuts (Table 2) (Bulló, Juanola-Falgarona, Hernández-Alonso, & Salas-Salvadó, 2015). It is important to mention that the variation in mineral concentration is explained by differences between species, genetic factors and edaphoclimatic conditions

Re et al. (1999); para ello, se preparó una solución de 7 mM de ABTS en agua destilada y otra de 2.45 mM de persulfato de potasio, las cuales se combinaron en una relación 2:1. La mezcla se dejó reposar 16 h en oscuridad para permitir la generación del radical libre. Posteriormente, la mezcla se diluyó con etanol hasta tener una absorbancia de  $0.7 \pm 0.001$  a 734 nm. Por otro lado, se tomó 1 mL de la solución del radical ABTS<sup>+</sup> y se adicionaron 10  $\mu$ L del extracto metanólico; la mezcla se incubó a baño maría a 30 °C en oscuridad por 7 min. Finalmente, se tomó la lectura de la absorbancia de la mezcla a una longitud de onda de 734 nm. La actividad antioxidante se cuantificó a partir de una curva estándar a base de trolox (T) (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico). Los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de trolox por cada 100 g de semillas molidas en peso fresco (mg ET·100 g<sup>-1</sup> p.f.). El porcentaje de inhibición del radical libre ABTS<sup>+</sup> se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Inhibición (\%)} = \frac{A_i - A_f}{A_i} \times 100$$

donde  $A_i$  es la absorbancia inicial del radical libre a 734 nm y  $A_f$  es la absorbancia final de la reacción con la muestra.

### Análisis estadístico

A los resultados obtenidos se les realizó un análisis de varianza y una comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) con el paquete estadístico *Statistical Analysis System* (SAS, 2003). Los resultados se expresaron como la media ( $\pm$  desviación estándar) de las cinco repeticiones. La relación entre las variables fitoquímicas se determinó mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

## Resultados y discusión

### Contenido de minerales

No se observaron diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ) entre los contenidos de minerales analizados en las

**Table 1. Mineral composition of Maya nut.**

**Cuadro 1. Composición mineral de las semillas de capomo.**

Treatment / Tratamiento	Fe	Ca	Mg	K	Na
	(mg·100 g <sup>-1</sup> f.w.) / (mg·100 g <sup>-1</sup> p.f.)				
FS <sup>1</sup> /SF <sup>1</sup>	9.85 $\pm$ 3.25 a <sup>2</sup>	152.21 $\pm$ 56.73 a	1338.74 $\pm$ 47.16 a	1121.13 $\pm$ 124.27 a	4.81 $\pm$ 1.42 a
SMR/STM	7.25 $\pm$ 2.07 a	80.94 $\pm$ 27.31 b	820.28 $\pm$ 342.08 b	1059.43 $\pm$ 273.68 a	6.44 $\pm$ 0.72 a
SHR/STA	6.16 $\pm$ 2.19 a	140.54 $\pm$ 37.23 ab	1220.02 $\pm$ 243.90 ab	1147.58 $\pm$ 153.73 a	3.87 $\pm$ 2.82 a
LSD/DMSH	4.32	71.25	411.83	328.87	3.15

<sup>1</sup>FS = fresh seeds; SMR = seeds with medium roasting; SHR = seeds with high roasting; f.w. = fresh weight. The expressed values are the average of five replications  $\pm$  standard deviation. LSD = least significant difference. <sup>2</sup>Means with the same letter within each column do not differ statistically (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup>SF = semillas frescas; STM = semillas con tostado medio; STA = semillas con tostado alto; p.f. = peso fresco. Los valores expresados son la media de cinco repeticiones  $\pm$  desviación estándar. DMSH = diferencia mínima significativa honesta. <sup>2</sup>Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

(Duarte-Martino et al., 2012; Reynoso-Camacho, Ramos-Gómez, & Loarca-Pina, 2006; Román-Cortés et al., 2014).

Moreiras, Carbajal, Cabrera, and Cuadrado (2009) highlight the importance of eating foods rich in minerals, as they are essential for cellular metabolic reactions in the body. Minerals control the composition of extra and intracellular fluids, and are part of enzymes and hormones, which are essential molecules for life. The two most important minerals for human health are Ca and Fe (Guzmán-Maldonado & Paredes-López, 1998). Mg is an activator of many enzymatic systems and maintains the electrical potential in the nervous system (Young, 1992). Ca and K are usually found together in the body and contribute to the formation of blood, in addition to providing support structure to the body (Ogunlade, Olaofe, & Fadare, 2005). Therefore, the analyzed elements are involved in several vital functions of the human body, and Maya nuts outperformed most of the seeds compared in concentration (Table 2).

### Proximal analysis

No significant differences ( $P \geq 0.05$ ) were found among treatments in terms of proximal analysis, with the exception of lipid content, which was lower in roasted seeds (Table 3), so roasting did not affect the nutritional quality of the seeds. Variation in lipid content due to temperature has also been reported in other seeds. In this regard, Audu and Aremu (2011) noted the decrease in lipid content when studying various processes (cooking, roasting, fermenting and sprouting) in some legumes (*Phaseolus vulgaris*) of Nigeria.

semillas de capomo frescas y tostadas (Cuadro 1). Es importante señalar que los contenidos de Fe y Mg fueron superiores a los reportados en leguminosas y nueces; así como los contenidos de Ca y K encontrados en avellana, nuez de macadamia, nuez pecana y pistaches. En contraste, las semillas de capomo presentaron una concentración menor de Na a la reportada en algunas leguminosas, nuez pecana y pistaches (Cuadro 2) (Bulló, Juanola-Falgarona, Hernández-Alonso, & Salas-Salvador, 2015). Es importante mencionar que la variación en la concentración de minerales se explica por diferencias entre especies, factores genéticos y condiciones edafoclimáticas (Duarte-Martino et al., 2012; Reynoso-Camacho, Ramos-Gómez, & Loarca-Pina, 2006; Román-Cortés et al., 2014).

Moreiras, Carbajal, Cabrera, y Cuadrado (2009) destacan la importancia del consumo de alimentos ricos en minerales, ya que son imprescindibles para las reacciones metabólicas celulares en el organismo. Los minerales controlan la composición de líquidos extra e intracelulares, y forman parte de enzimas y hormonas, que son moléculas esenciales para la vida. Los dos minerales más importantes para la salud humana son el Ca y el Fe (Guzmán-Maldonado & Paredes-López, 1998). El Mg es un activador de muchos sistemas enzimáticos y mantiene el potencial eléctrico en el sistema nervioso (Young, 1992). Por lo regular, el Ca y el K se encuentran juntos en el cuerpo y contribuyen a la formación de la sangre, además de proporcionar estructura de apoyo al cuerpo (Ogunlade, Olaofe, & Fadare, 2005). Por lo tanto, los elementos analizados están implicados en varias funciones vitales del cuerpo humano, y las semillas de capomo superaron en concentración a la mayoría de las semillas comparadas (Cuadro 2).

**Table 2. Mineral composition of different seeds.**

**Cuadro 2. Composición mineral de diferentes semillas.**

Seed / Semilla	Fe	Ca	Mg	K	Na	Reference / Referencia
(mg·100 g <sup>-1</sup> dry weight) / (mg·100 g <sup>-1</sup> peso seco)						
Maya nut / Capomo	11.0	171.5	1508.2	1263.1	5.4	Present study
Bean / Frijol	6.2	167.0	199.0	1348.0	5.6	Suárez-Martínez et al. (2016)
Black bean / Frijol negro	7.4	145.0	208.0	1370.0	16.4	Suárez-Martínez et al. (2016)
Wild lima bean / Frijol lima silvestre	8.3	90.1	249.0	1919.0	20.0	Suárez-Martínez et al. (2016)
Red nut / Frijol rojo	5.7	76.2	147.0	1449.0	5.7	Suárez-Martínez et al. (2016)
Brazil nut / Nuez de Brasil	10.6	99.0	230.7	133.0	-	Gonçalves et al. (2002)
Almond / Almendras	3.7	268.0	279.0	713.0	3.0	Bulló et al. (2015)
Hazelnut / Avellana	4.3	123.0	173.0	750.0	0	Bulló et al. (2015)
Macadamia nut / Nuez de macadamia	2.7	70.0	118.0	363.0	4.0	Bulló et al. (2015)
Pecan nut / Nuez pecana	2.3	54.0	178.0	658.0	6.0	Bulló et al. (2015)
Pistachio nut / Pistaches	4.0	107.0	109.0	1007.0	6.0	Bulló et al. (2015)

There are no reports on the variation of the concentration of these components in Maya nut due to roasting. However, the comparison with other seeds rich in essential nutrients (unsaturated fatty acids, proteins, carbohydrates, vitamins, minerals, antinutritional compounds and oxalates) could be a reference for the attributes of Maya nut (Singh & Kaur, 2013). A very low lipid content was found in Maya nut ( $2.40 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ f.w.}$ ) compared with that reported in other seeds of higher concentration such as pecan nuts, almonds, pistachio nuts and pine nuts (66.18, 43.36, 45.09 and  $61.73 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ f.w.}$ , respectively) (Singh & Kaur, 2013). However, the fatty acid profile was not analyzed in Maya nut as an additional quality attribute.

The carbohydrate content for Maya nut ( $67.23 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ f.w.}$ ) was higher than reported by Singh and Kaur (2013) in almonds, pecan nuts and pistachio nuts (21.67, 13.86 and  $27.51 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ f.w.}$ , respectively). However, Maya nuts had a higher carbohydrate content compared to some legumes (beans, broad beans and green guaje, 61.60, 55.30 and  $61.31 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ d.w.}$ , respectively) (Román-Cortés et al., 2014). The high carbohydrate content is due to the presence of high purity starch (92.57), unconventional and with peculiar physico-chemical and microscopic characteristics, superior to corn starch. These properties are important for their application in food systems that require high processing temperatures and as a potential use in the production of biodegradable materials (Pérez-Pacheco et al., 2014).

This type of resistant starch is one of five different starches that have been reported and is part of the dietary fiber found mainly in cereals such as corn. This starch is characterized by high amylose content compared to some vegetables and is less susceptible to digestion by acid or amylase enzymes, so it is part of the indigestible carbohydrates (ICs), although during processing it is gelatinized, making it easily digestible (Ragaee, Gamel, Seetharaman, & Abdel-Aal, 2013). ICs, although fermented

## Análisis proximal

No se encontraron diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ) entre los tratamientos en cuanto al análisis proximal, a excepción del contenido de lípidos, el cual fue menor en las semillas tostadas (Cuadro 3); por lo que el tostado no afectó la calidad nutricia de las semillas. La variación en el contenido de lípidos por temperatura también se ha reportado en otras semillas. En este sentido, Audu y Aremu (2011) señalaron la disminución del contenido de lípidos al estudiar varios procesos (cocido, dorado, fermentación y germinación) en algunas leguminosas (*Phaseolus vulgaris*) de Nigeria.

No existen reportes sobre la variación de la concentración de dichos componentes en capomo por efecto de tostado. Sin embargo, la comparación con otras semillas ricas en nutrientes esenciales (ácidos grasos insaturados, proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales, compuestos antinutricionales y oxalatos) podría ser un referente sobre los atributos de capomo (Singh & Kaur, 2013). En capomo se encontró un contenido muy bajo de lípidos ( $2.40 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ) en comparación con el reportado en otras semillas de mayor concentración como nuez pecana, almendra, pistachos y piñones (66.18, 43.36, 45.09 y  $61.73 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ , respectivamente) (Singh & Kaur, 2013). No obstante, en las semillas de capomo no se analizó el perfil de ácidos grasos como un atributo adicional de calidad.

El contenido de carbohidratos para capomo ( $67.23 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ) fue superior a lo reportado por Singh y Kaur (2013) en almendra, nuez pecana y pistachos (21.67, 13.86 y  $27.51 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ , respectivamente). Sin embargo, las semillas de capomo presentaron un contenido superior de carbohidratos en comparación con algunas leguminosas (frijol, haba y guaje verde, 61.60, 55.30 y  $61.31 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.s.}$ , respectivamente) (Román-Cortés et al., 2014). El contenido alto de carbohidratos se debe a la presencia de almidón de alta pureza (92.57), poco convencional y con características físico-químicas

**Table 3. Proximal analysis of Maya nut (*Brosimum alicastrum*).**

**Cuadro 3. Análisis proximal de las semillas de capomo (*Brosimum alicastrum*).**

Treatment/ Tratamiento	Moisture/ Humedad	Ash/ Cenizas	Crude fiber/ Fibra cruda	Protein/ Proteína	Lipid/ Lípidos	Carbohydrates/ Carbohidratos
	(%)					
FS <sup>1</sup> /SF <sup>1</sup>	13.24 ± 0.32 a <sup>2</sup>	3.22 ± 0.30 a	3.98 ± 0.15 b	9.94 ± 1.11 a	2.40 ± 0.14 a	67.23 ± 1.57 a
SMR/STM	8.69 ± 0.43 b	3.53 ± 0.20 a	5.07 ± 1.54 ab	11.92 ± 3.23 a	1.81 ± 0.11 b	68.98 ± 2.81 a
SHR/STA	8.50 ± 0.44 b	3.57 ± 0.23 a	6.70 ± 0.71 a	9.50 ± 1.30 a	1.28 ± 0.36 c	70.46 ± 1.40 a
LSD/DMSH	0.67	0.42	1.66	3.55	0.39	3.42

<sup>1</sup>FS = fresh seeds; STM = seeds with medium roasting; SHR = seeds with high roasting. The values expressed in fresh weight are the average of five replications ± standard deviation. LSD = least significant difference. <sup>2</sup>Means with the same letter within each column do not differ statistically (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup>SF = semillas frescas; STM = semillas con tostado medio; STA = semillas con tostado alto. Los valores expresados en peso fresco son la media de cinco repeticiones ± desviación estándar. DMSH = diferencia mínima significativa honesta. <sup>2</sup>Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).



during digestion, are associated with a low glycemic index, low cholesterol levels, and decreased risk factors for colon cancer (Reynoso-Camacho et al., 2006). On the other hand, higher carbohydrate contents in Maya nut may favor the formation of melanoidins (antioxidant pigments) and contribute to the dark coloring (Somoza, 2005; Wang, Qian, & Wei-Rong, 2011) during the roasting process, as reported in coffee roasting (Moreira et al., 2017); however, these pigments were not analyzed in the present study.

The protein content ( $9.94 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ f.w.}$ ) in Maya nut exceeded that reported in some seeds such as pecan nuts ( $8.3 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ f.w.}$ ), but lower than that found in almonds and pistachio nuts ( $19.48$  and  $13.08 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ f.w.}$ , respectively) (Singh & Kaur, 2013), and in legumes such as beans (from  $20.1$  to  $23.6 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ f.w.}$ ) (Peña-Valdivia, García-Nava, Aguirre, Ybarra-Moncada, & López, 2011), chickpea (from  $14.9$  to  $29.6 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ f.w.}$ ), pea (from  $21.2$  to  $39.2 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ f.w.}$ ), broad bean (from  $22.9$  to  $38.5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ f.w.}$ ), soybean (from  $32.2$  to  $45.2 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ f.w.}$ ) and lentil (from  $20.4$  to  $305 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ f.w.}$ ) (Phillips, 1993).

According to Larqué-Saveedra (2014), the flour quality of these seeds is high, comparable or better than that of conventional grasses, due to the concentrations of proteins, carbohydrates and fats (approximately 11, 70 and 1.5 %, respectively), and high contents of fiber, vitamins (B1, B2 and folic acid) and minerals (such as calcium, iron and zinc), with a contribution of  $318 \text{ Kcal} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ flour}$ .

### Antioxidant compounds

Significant differences ( $P \leq 0.05$ ) were found among treatments in the concentrations of phenolic compounds, flavonoids and tannins (Table 4). The content of phenolic compounds and condensed tannins in the seeds with high roasting (SHR) exceeded that of the seeds with medium roasting (SMR) and fresh seeds (FS), while the flavonoid concentration was lower in the SHR treatment. Tiwari, Brunton, and Brennan (2013) point out that high temperatures can produce isomerization of some flavonoids, and not being free could explain their decrease during the roasting process and the increase in condensed tannins.

Variation in the concentrations of phenolic compounds among treatments may be due to the formation of Maillard reaction products, such as melanoidins (Budryn et al., 2009). These compounds, with antioxidant properties (Minatel et al., 2017), are nitrogenous polymers responsible for the brown color of foods, produced by the interaction of amino groups (free amino acids, peptides and proteins) and carbonyl groups of reducing sugars (fructose and glucose) present in foods (seeds) (Somoza, 2005; Wang et al., 2011); both groups are substrates of Maillard's reaction

y microscópicas peculiares, superiores al almidón de maíz. Estas propiedades son importantes para su aplicación en sistemas alimentarios que requieren altas temperaturas de procesamiento y como uso potencial en la elaboración de materiales biodegradables (Pérez-Pacheco et al., 2014).

Este tipo de almidón resistente es uno de los cinco diferentes que se han reportado, y forma parte de la fibra dietética que se encuentra principalmente en los cereales como el maíz. Este almidón se caracteriza por presentar altos contenidos de amilosa en comparación con algunos vegetales y es menos susceptible de digerirse por enzimas ácidas o amilasas, por lo que forma parte de los carbohidratos no digeribles (CND), aunque durante su procesamiento se gelatiniza y lo hace fácilmente digerible (Ragaei, Gamel, Seetharaman, & Abdel-Aal, 2013). Los CND, aunque se fermentan durante la digestión, se asocian con una respuesta glucémica baja, niveles bajos de colesterol y una disminución de factores de riesgo de padecer cáncer de colon (Reynoso-Camacho et al., 2006). Por otro lado, los contenidos superiores de carbohidratos en capomo podrían favorecer la formación de melanoidinas (pigmentos antioxidantes) y contribuir a la coloración oscura (Somoza, 2005; Wang, Qian, & Wei-Rong, 2011) durante el proceso de tostado, como se ha reportado en el tostado del café (Moreira et al., 2017); sin embargo, dichos pigmentos no se analizaron en el presente trabajo.

El contenido de proteína ( $9.94 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ) en capomo superó a lo reportado en algunas semillas como nuez pecana ( $8.3 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ), pero inferior al encontrado en almendras y pistachos ( $19.48$  y  $13.08 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ , respectivamente) (Singh & Kaur, 2013), y en leguminosas como frijol (de  $20.1$  a  $23.6 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ) (Peña-Valdivia, García-Nava, Aguirre, Ybarra-Moncada, & López, 2011), garbanzo (de  $14.9$  a  $29.6 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ), chícharos (de  $21.2$  a  $39.2 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ), haba (de  $22.9$  a  $38.5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ), soya (de  $32.2$  a  $45.2 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ) y lenteja (de  $20.4$  a  $305 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ) (Phillips, 1993).

De acuerdo con Larqué-Saveedra (2014), la calidad de la harina de estas semillas es alta, comparable o mejor que la de gramíneas convencionales, por las concentraciones de proteínas, carbohidratos y grasas (aproximadamente 11, 70 y 1.5 %, respectivamente), altos contenidos de fibra, vitaminas (B1, B2 y ácido fólico) y minerales (como calcio, hierro y zinc), con aporte de  $318 \text{ Kcal} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  de harina.

### Compuestos antioxidantes

Se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos en las concentraciones de compuestos fenólicos, flavonoides y taninos (Cuadro 4). El contenido de los compuestos fenólicos y taninos condensados en las semillas con tostado alto (STA)

**Table 4. Nutraceutical compounds and antioxidant activity in Maya nut.****Cuadro 4. Compuestos nutraceuticos y actividad antioxidante en semillas de capomo.**

Treatment/ Tratamiento	Total phenols (mg GAE·100 g <sup>-1</sup> )/ Fenoles totales (mg EAG·100 g <sup>-1</sup> )	Flavonoid (mg QE·100 g <sup>-1</sup> )/ Flavonoides (mg EQ·100 g <sup>-1</sup> )	Tannins (mg CE·100 g <sup>-1</sup> )/ Taninos (mg EC·100 g <sup>-1</sup> )	Antioxidant activity (mg TE·100 g <sup>-1</sup> )/ Actividad antioxidante (mg ET·100 g <sup>-1</sup> )
FS <sup>1</sup> /SF <sup>1</sup>	271.58 ± 20.89 c <sup>2</sup>	62.20 ± 1.92 b	365.09 ± 35.60 c	469.32 ± 4.66 c
SMR/STM	894.78 ± 70.94 b	73.56 ± 6.46 a	1,233.54 ± 103.32 b	520.19 ± 34.16 b
SHR/STA	1,337.19 ± 135 a	44.47 ± 4.90 c	1,874.79 ± 52.23 a	567.57 ± 0.93 a
LSD/DMSH	149.95	8.12	117.99	33.60

<sup>1</sup>FS = fresh seeds; SMR = seeds with medium roasting; SHR = seeds with high roasting; GAE = gallic acid equivalents; QE = quercetin equivalents; CE = catechin equivalents; TE = trolox equivalents. The values expressed in fresh weight are the average of five replications ± standard deviation. LSD = least significant difference. <sup>2</sup>Means with the same letter within each column do not differ statistically (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup>SF = semillas frescas; STM = semillas con tostado medio; STA = semillas con tostado alto; EAG = equivalentes de ácido gálico; EQ = equivalentes de quercetina; EC = equivalentes de catequina; ET = equivalentes de trolox. Los valores expresados en peso fresco son la media de cinco repeticiones ± desviación estándar. DMSH = diferencia mínima significativa honesta. <sup>2</sup>Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

due to the effect of temperature. Phenolic compounds also participate in the formation of such pigments, as reported in the early stages of coffee roasting (Moreira et al., 2017; Pastoriza & Rufián-Henares, 2014; Perrone, Farah, & Donangelo, 2012); therefore, in the quantification of phenolic compounds, melanoidins may also react with the Folin-Ciocalteu reagent (Pastoriza & Rufián-Henares, 2014; Pérez-Martínez et al., 2010).

In the only Maya nut study, Ozer (2017) found  $2,467 \pm 85$  mg GAE·100 g<sup>-1</sup> f.w. of phenolic compounds in *B. alicastrum* seeds from the United States, a concentration higher than that found in the present work. This difference could be due to the analysis methodology, place of origin and edaphoclimatic conditions. This author also reported the presence of p-hydroxybenzoic acid as the main compound in Maya nut; however, the present work is the first to report the contents of condensed tannins and flavonoids in fresh and processed Maya nut.

The concentration of phenolic compounds in fresh Maya nuts (271.58 mg GAE·100 g<sup>-1</sup> f.w.) exceeded that reported in almonds and pistachio nuts (212.9 and 571.8 mg·100 g<sup>-1</sup> f.w., respectively), but the pecan nut values (1,463.9 mg·100 g<sup>-1</sup> f.w.) (Singh & Kaur, 2013) are similar to those found with the SHR treatment (1,337.19 mg GAE·100 g<sup>-1</sup> f.w.) (Table 4).

Flavonoids are a large and important group of phenolic compounds, one of the most abundant and studied groups of plant origin (Drago-Serrano, López-López, & Sainz-Espuñes, 2006; Lee, Koo, & Min, 2004). The decrease in the concentration of these metabolites during seed roasting (Table 4) could be due to a degradation caused by temperature (> 80 °C), since these metabolites are more unstable (Alvarez-Jubete & Twari, 2013; Katsube, Keiko, Tsushida, Yamaki, & Kobori, 2003; Zhang, Chen, Li, Pei, & Liang, 2010).

superaron al de las semillas con tostado medio (STM) y frescas (SF), mientras que la concentración de flavonoides fue inferior en el tratamiento de STA. Tiwari, Brunton, y Brennan (2013) señalan que las temperaturas altas pueden producir isomerización de algunos flavonoides, y al no encontrarse libres podría justificar su disminución durante el proceso de tostado y el incremento de taninos condensados.

La variación de las concentraciones de los compuestos fenólicos entre los tratamientos puede deberse a la formación de productos de la reacción de Maillard, como son las melanoidinas (Budryn et al., 2009). Estos compuestos, con propiedades antioxidantes (Minatel et al., 2017), son polímeros nitrogenados responsables del color marrón de los alimentos, producidos por la interacción de grupos amino (aminoácidos libres, péptidos y proteínas) y grupos carbonilo de los azúcares reductores (fructosa y glucosa) presentes en los alimentos (semillas) (Somoza, 2005; Wang et al., 2011); ambos grupos son sustratos de la reacción de Maillard por efecto de la temperatura. Los compuestos fenólicos también participan en la formación de dichos pigmentos, como se ha reportado en las etapas iniciales del tostado de café (Moreira et al., 2017; Pastoriza & Rufián-Henares, 2014; Perrone, Farah, & Donangelo, 2012); por lo tanto, en la cuantificación de los compuestos fenólicos, las melanoidinas también pueden reaccionar con el reactivo de Folin-Ciocalteu (Pastoriza & Rufián-Henares, 2014; Pérez-Martínez et al., 2010).

En el único estudio de capomo, Ozer (2017) encontró  $2,467 \pm 85$  mg EAG·100 g<sup>-1</sup> p.f. de compuestos fenólicos en semillas de *B. alicastrum* de Estados Unidos, concentración superior a la encontrada en el presente trabajo. Esta diferencia podría deberse a la metodología de análisis, al lugar de origen y condiciones edafoclimáticas. Este autor también reportó la presencia de ácido p-hidroxibenzoico como principal compuesto en las semillas de capomo o nuez

**Table 5. Pearson's correlation matrix between the antioxidant activity and phytochemicals of the Maya nut.****Cuadro 5. Matriz de correlación de Pearson entre la actividad antioxidante y fitoquímicos de la semilla de capomo.**

	Total phenols / Fenoles totales	Flavonoids / Flavonoides	Tannins / Taninos	Antioxidant activity / Actividad antioxidante
Total phenols / Fenoles totales		-0.523*	0.98**	0.892**
Flavonoids / Flavonoides			-0.504*	-0.552*
Tannins / Taninos				0.928**

\* = significant ( $P \leq 0.05$ ); \*\* = highly significant ( $P \leq 0.01$ ).\* = significativa ( $P \leq 0.05$ ); \*\* = altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ).

Reported flavonoid values are higher in almonds (93.5 mg·100 g<sup>-1</sup> f.w.) and pecan nuts (65.4 mg·100 g<sup>-1</sup> f.w.), but lower in pistachio nuts (55.9 mg·100 g<sup>-1</sup> f.w.) than those found in fresh Maya nuts (62.20 mg·100 g<sup>-1</sup> f.w.) (Table 4). The SHR treatment had the highest concentration of tannins; however, this is lower than that reported in foods with high sorghum levels (2927.0 mg·100 g<sup>-1</sup>) (United States Department of Agriculture [USDA], 2004).

### Antioxidant activity

Significant differences ( $P < 0.05$ ) were observed among treatments in antioxidant activity (Table 4), which increased with increasing roasting time. SHR had the highest antioxidant activity, probably due to the increase in phenolic compounds and tannins; however, the possible formation of melanoidins (Maillard reaction) could also contribute to the increase in this activity (del Castillo, Ames, & Gordon, 2002; Votavova et al., 2009), although the melanoidin content was not evaluated in the present study. Pearson's correlation coefficient (Table 5) allowed associating antioxidant activity with the increase in the concentration of soluble phenolic compounds and condensed tannins, caused by the increase in temperature during the roasting process.

### Conclusions

This paper is a contribution to our existing knowledge of the nutritious and antioxidant quality of Maya nut, the seed of *B. alicastrum*, a product consumed since ancient times in Mexico. Maya nuts had a higher concentration of Fe, Ca, K and Mg than that reported in grasses with greater consumption and demand, as well as low Na values. Nutritional quality was not significantly affected by roasting; however, temperature increased the contents of total phenols and condensed tannins, highly correlated with antioxidant activity. Maya nut, currently underutilized, could be considered a functional food because of its nutritional quality and high content of antioxidant compounds.

*End of English version*

mayá; sin embargo, el presente trabajo es el primero en reportar los contenidos de taninos condensados y flavonoides en capomo fresco y procesado.

La concentración de compuestos fenólicos en las semillas frescas de capomo (271.58 mg EAG·100 g<sup>-1</sup> p.f.) superó a la reportada en almendras y pistachos (212.9 y 571.8 mg·100 g<sup>-1</sup> p.f., respectivamente), pero los valores de nuez pecana (1,463.9 mg·100 g<sup>-1</sup> p.f.) (Singh & Kaur, 2013) son similares a los encontrados con el tratamiento STA (1,337.19 mg EAG·100 g<sup>-1</sup> p.f.) (Cuadro 4).

Los flavonoides son un grupo amplio e importante de los compuestos fenólicos, uno de los grupos más abundantes y estudiados de origen vegetal (Drago-Serrano, López-López, & Sainz-Espuñes, 2006; Lee, Koo, & Min, 2004). La disminución de la concentración de estos metabolitos durante el tostado de la semilla (Cuadro 4) pudo deberse a una degradación ocasionada por la temperatura ( $> 80$  °C), ya que estos metabolitos son más inestables (Alvarez-Jubete & Twari, 2013; Katsube, Keiko, Tsushida, Yamaki, & Kobori, 2003; Zhang, Chen, Li, Pei, & Liang, 2010).

Los valores reportados de flavonoides son superiores en almendra (93.5 mg·100 g<sup>-1</sup> p.f.) y nuez pecanera (65.4 mg·100 g<sup>-1</sup> p.f.), pero inferiores en pistachos (55.9 mg·100 g<sup>-1</sup> p.f.) a los encontrados en capomo fresco (62.20 mg·100 g<sup>-1</sup> p.f.) (Cuadro 4). El tratamiento STA presentó la mayor concentración de taninos; sin embargo, este es menor a lo reportado en alimentos con niveles elevados en sorgo (2927.0 mg·100 g<sup>-1</sup>) (United States Department of Agriculture [USDA], 2004).

### Capacidad antioxidante

Se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos en la actividad antioxidante (Cuadro 4), la cual incrementó al aumentar el tiempo de tostado. La STA presentó la mayor actividad antioxidante, debido, probablemente, al aumento de los compuestos fenólicos y taninos; sin embargo, la posible formación de melanoidinas (reacción de Maillard) también pudo contribuir al aumento de esta actividad (del Castillo, Ames, & Gordon, 2002; Votavova et al., 2009), aunque

## References / Referencias

- Alvarez-Jubete, L., & Tiwari, U. (2013). Stability of phytochemical during grain processing. In: Tiwari, B. K., Brunton, N. P., & Brennan, C. S. (Eds.). *Handbook of plant food phytochemicals: sources, stability and extraction* (pp. 138-162). USA: John Wiley & Sons. doi: 10.1002/9781118464717.ch14
- Arvouet-Grand, A., Vennat, B., Pourrat, A., & Legret, P. (1994). Standardisation d'un extrait de propolis: identification des principaux constituants. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 49(6), 462-468. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/15313864\\_Standardization\\_of\\_a\\_propolis\\_extract\\_and\\_identification\\_of\\_the\\_main\\_constituents](https://www.researchgate.net/publication/15313864_Standardization_of_a_propolis_extract_and_identification_of_the_main_constituents)
- Association of Official Analytical Chemists, International (AOAC). (1990). *Methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Washington, USA: Author. Retrieved from <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>
- Audu, S. S., & Aremu, M. O. (2011). Effect of processing on chemical composition of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour. *Pakistan Journal of Nutrition*, 10(11), 1069-1075. doi: 10.3923/pjn.2011.1069.1075
- Bhat, R. (2011). The disease-preventive potential of some popular and underutilized seeds. In: Paliyath, G., Bakovic, M., & Shetty, K. (Eds.), *Functional foods, nutraceuticals, and degenerative disease prevention* (pp. 171-212). Reino Unido: Wiley-Blackwell. doi: 10.1002/9780470960844.ch7
- Budryn, G., Nebesny, E., Podszdek, A., Zyzelewicz, D., Materska, M., Jankowski, S., & Janda, B. (2009). Effect of different extraction methods on the recovery of chlorogenic acids, caffeine and Maillard reaction products in coffee beans. *European Food Research and Technology*, 228(6), 913-922. doi: 10.1007/s00217-008-1004-x
- Bulló, M., Juanola-Falgarona, M., Hernández-Alonso, P., & Salas-Salvadó, J. (2015). Nutrition attributes and health effects of pistachio nuts. *British Journal of Nutrition*, 113, S79-S93. doi: 10.1017/S0007114514003250
- Cardador-Martínez, A., Jiménez-Martínez, C., & Sandoval, G. (2011). Revalorization of cactus pear (*Opuntia* spp.) wastes as a source of antioxidants. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(3), 782-788. doi: 10.1590/S0101-20612011000300036
- Del Castillo, M. D., Ames, J. M., & Gordon, M. H. (2002). Effect of roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(13), 3698-3703. doi: 10.1021/jf011702q
- Drago-Serrano, M. E., López-López, M., & Sainz-Espuñes, T. R. (2006). Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37(4), 58-68. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57937408>
- Duarte-Martino, H. C., Bigonha, S. M., de Moraes-Cardoso, L., de Oliveira-de Rosa, C., Brunoro-Costa, N. M., Ramírez-Cárdenas, L. L., & Machado-Rocha, S. (2012). Nutritional and bioactive compounds of bean: benefits to human en el presente estudio no se evaluó el contenido de melanoidinas. El coeficiente de correlación de Pearson (Cuadro 5) permitió asociar la actividad antioxidante con el incremento de la concentración de los compuestos fenólicos solubles y taninos condensados, ocasionado por el aumento de la temperatura durante el proceso de tostado.
- Conclusiones**
- Este trabajo es una contribución al conocimiento de la calidad nutricional y antioxidante de las semillas de capomo (*B. alicastrum*), producto consumido ancestralmente en México. Las semillas de capomo presentaron una concentración de Fe, Ca, K y Mg superior a la reportada en gramíneas de mayor consumo y demanda, así como valores bajos de Na. La calidad nutricional no se vio afectada significativamente por efecto del tostado; sin embargo, la temperatura incrementó los contenidos de fenoles totales y taninos condensados, altamente correlacionados con la actividad antioxidante. La semilla de capomo, actualmente subutilizada, podría considerarse un alimento funcional por su calidad nutricional y alto contenido de compuestos antioxidantes.
- Fin de la versión en español**
- health. In: Tunick, M. H., & González-de Mejía, E. (Eds.), *Hispanic Foods: Chemistry and Bioactive Compounds* (pp. 233-258). USA: American Chemical Society. doi: 10.1021/bk-2012-1109.ch015
- Geleijnse, J. M., Launer, L. J., Van der Kuip, D. A., Hofman, A., & Witteman, J. C. (2002). Inverse association of tea and flavonoid intakes with incident myocardial infarction: the Rotterdam Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 75(5), 880-886. doi: 10.1093/ajcn/75.5.880
- Gonçalves, J. F., Fernandes, A., Oliveira, A. F., Rodrigues, L., & Marengo, R. (2002). Primary metabolism components of seeds from Brazilian amazon tree species. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 14(2), 139-142. doi: 10.1590/S1677-04202002000200009
- Guzmán-Maldonado, S. H., & Paredes-López, O. (1998). Functional products of plants indigenous to Latin America: amaranth, quinoa, common beans and botanicals. In: Mazza, G. (Ed.), *Functional Foods. Biochemical and Processing Aspects* (pp. 293-328). Pennsylvania, USA: Thechnomic Publishing Company.
- Katsube, N., Keiko, I., Tsushida, T., Yamaki, K., & Kobori, M. (2003). Induction of apoptosis in cancer cells by Bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and the anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(1), 68-75. doi: 10.1021/jf025781x
- Larqué-Saveedra, A. (2014). El sector forestal en apoyo a la "Cruzada contra el Hambre" La inclusión de *Brosimum alicastrum* (Ramón) como estudio de caso. *Forestal XXI*, 17(2), 11-12. Retrieved from <https://mayanutinstitute>.



- org/wpdm-package/el-sector-forestal-en-apoyo-a-la-cruzada-contra-el-hambre-la-inclusion-de-brosimum-alicastrum-ramon-como-estudio-de-caso/
- Lee, J., Koo, N., & Min, D. (2004). Reactive oxygen species, aging and antioxidative nutraceuticals. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 3(1), 21-33. doi: 10.1111/j.1541-4337.2004.tb00058.x
- Meiners, M., Sánchez-Garduño, C., & de Blois, S. (2009). El ramón: fruto de nuestra cultura y raíz para la conservación. *Biodiversitas*, 87, 7-10. Retrieved from <https://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv87art2.pdf>
- Minatel, I. O., Vanz-Borges, C., Ferreira, M. I., Gomez-Gomez, H. A., Chen, C. Y., O., & Pereira-Lima, G. P. (2017). Phenolic compounds: Functional properties, impact of processing and bioavailability. In: Soto-Hernández, M., Palma-Tenango, M., & García-Mateos, M. R. (Eds.), *Phenolic compound. Biological activity* (pp. 1-24). Croacia: Intech. doi: 10.5772/66368
- Moreira, A., Nunes, F., Simões, C., Maciel, E., Domingues, P., Domingues, M. R., & Coimbra, M. A. (2017). Data on coffee composition and mass spectrometry analysis of mixtures of coffee related carbohydrates, phenolic compounds and peptides. *Data in Brief*, 13, 145-161. doi: 10.1016/j.dib.2017.05.027
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L., & Cuadrado, C. (2009). *Tablas de composición de alimentos*. Madrid, España: Edición Piramide. Retrieved from <http://www.incap.int/index.php/es/>
- Ogunlade, I., Olaofe, O., & Fadare, I. (2005). Chemical composition, amino acids and nutritional properties of selected sea foods. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 3(2), 130-133. doi: 10.1234/4.2005.587
- Orantes-García, C., Caballero-Roque, A., & Velázquez-Méndez, M. A. (2012). Aprovechamiento del árbol nativo *Brosimum alicastrum* Swartz (Moraceae) en la selva de Zoque, Chiapas, México. *Lacandonia*, 6(1), 71-82. Retrieved from <https://cuid.unicach.mx/revistas/index.php/lacandonia/article/view/278/258>
- Ozer, H. K. (2017). Phenolic compositions and antioxidant activities of Maya nut (*Brosimum alicastrum*): Comparison with commercial nuts. *International Journal of Food Properties*, 20(11), 2772-2781. doi: 10.1080/10942912.2016.1252389
- Pastoriza, S., & Rufián-Henares, J. A. (2014). Contribution of melanoidins to the antioxidant capacity of the Spanish diet. *Food Chemistry*, 164, 438-445. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.04.118
- Peña-Valdivia, C. B., García-Nava, J. R., Aguirre, J. R., Ybarra-Moncada, M. C., & López, M. H. (2011). Variation in physical and chemical characteristics of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grain along a domestication gradient. *Chemistry & Biodiversity*, 8(12), 2211-2225. doi: 10.1002/cbdv.201100102
- Pérez-Leonard, H. (2006). Nutraceuticos: componente emergente para el beneficio de la salud. *Instituto Cubano de Investigación de los Derivados de la Caña de Azúcar*, 40(3), 20-28. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120665003>
- Pérez-Martínez, M., Caemmerer, B., Paz-de Peña, M., Cid, C., & Kroh, L. W. (2010). Influence of brewing method and acidity regulators on the antioxidant capacity of coffee brews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(5), 2958-2965. doi: 10.1021/jf9037375
- Pérez-Pacheco, E., Moo-Huchin, V. M., Estrada-León, R. J., Ortiz-Fernández, A., May-Hernández, L. H., Ríos-Soberanis, C. R., & Betancur-Ancona, D. (2014). Isolation and characterization of starch obtained from *Brosimum alicastrum* Swartz Seeds. *Carbohydrate Polymers*, 101, 920-927. doi: 10.1016/j.carbpol.2013.10.012
- Perrone, D., Farah, A., & Donangelo, C. M. (2012). Influence of coffee roasting on the incorporation of phenolic compounds into melanoidins and their relationship with antioxidant activity of the brew. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(17), 4265-75. doi: 10.1021/jf205388x
- Phillips, R. D. (1993). Starchy legumes in human nutrition, health and culture. *Plant Foods for Human Nutrition*, 44(3), 195-211. doi: 10.1007/BF01088314
- Ragaei, S., Gamel, T., Seetharaman, K., & Abdel-Aal, E. M. (2013). Food grains. In: Tiwari, B. K., Brunton, N. P., & Brennan, C. S. (Eds.), *Handbook of plant food phytochemicals: sources, stability and extraction* (pp. 138-162). USA: John Wiley & Sons. doi: 10.1002/9781118464717.ch6
- Ramírez-Sánchez, H. U., Meulenert-Peña, A. R., & Gómez-Reyna, J. A. (2013). Actualización del atlas bioclimático del estado de Jalisco. *Investigaciones geográficas*, 82, 66-92. doi: 10.1016/S0188-4611(13)72787-0
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rive-Evans, C. (1999). Antioxidant activity an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237. doi: 10.1016/S0891-5849(98)00315-3
- Reynoso-Camacho, R., Ramos-Gómez, M., & Loarca-Pina, G. (2006). Bioactive components in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Guevara-González, R., & Torres-Pacheco, I. (Eds.), *Advances in Agricultural and Food Biotechnology* (pp. 217-236). Trivandrum, India: Research Signpost. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/285730860\\_Bioactive\\_components\\_in\\_common\\_beans\\_Phaseolus\\_vulgaris](https://www.researchgate.net/publication/285730860_Bioactive_components_in_common_beans_Phaseolus_vulgaris)
- Román-Cortés, N. R., García-Mateos, M. R., Castillo-González, A. M., Sahagún-Castellanos, J., & Jiménez-Arellanes, M. A. (2014). Componentes nutricionales y antioxidantes de dos especies de guaje (*Leucaena* spp.): Un recurso ancestral subutilizado. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 20(2), 157-170. doi: 10.5154/r.rchsh.2013.07.023
- Serralta-Peraza, L. E., Rosado-May, F. J., Méndez-Mena, J. I., & Cruz-Martínez, S. (2002). Flora con uso medicinal en Oxtankah, Quintana Roo, México. In: Rosado-May, F. J., Romero Mayo, R., & de Jesús-Navarrete, A. (Eds.), *Contribuciones de la ciencia al manejo costero integrado de la Bahía de Chetumal y su área de influencia* (pp. 45-56). México: Universidad de Quintana Roo. Retrieved from

- [https://www.researchgate.net/publication/283712800\\_FLOTA\\_CON\\_USO\\_MEDICINAL\\_EN\\_OXTANKAH\\_QUINTANA\\_ROO\\_MEXICO](https://www.researchgate.net/publication/283712800_FLOTA_CON_USO_MEDICINAL_EN_OXTANKAH_QUINTANA_ROO_MEXICO)
- Shahidi, F. (2012). Nutraceuticals, functional foods and dietary supplements in health and disease. *Journal of food and drug analysis*, 20(1), 226-230. Retrieved from <https://www.fda.gov.tw/upload/189/content/2014012817043536259.pdf>
- Singh, N., & Kaur, A. (2013). Plantation crops and tree nuts: composition, phytochemicals and health benefits. In: Tiwari, B. K., Brunton, N. P., & Brennan, C. S. (Eds.). *Handbook of plant food phytochemicals: sources, stability and extraction* (pp. 163-179). USA: John Wiley & Sons. doi: 10.1002/9781118464717.ch7
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158. Retrieved from <https://www.ajevonline.org/content/16/3/144>
- Somoza, V. (2005). Review: five years of research on health risks and benefits of Maillard reaction products: an update. *Molecular Nutrition and Food Research*, 49(7), 663-672. doi: 10.1002/mnfr.200500034
- Soto-Hernández, M., Palma-Tenango, M., & García-Mateos, M. R. (2017). *Phenolic compound. Biological activity*. Croacia: Intech. doi: 10.5772/63693
- Statistical Analysis System (SAS Institute). (2003). *SAS User's Guide version 6.12*. Cary, N.C., USA: Author.
- Suárez-Martínez, S. E., Ferriz-Martínez, R. A., Campos-Vega, R., Elton-Puente, J. E., de la Torre-Carbot, K., & García-Gasca, T. (2016). Bean seeds: leading nutraceutical source for human health. *CyTA-Journal of Food*, 14(1), 131-137. doi: 10.1080/19476337.2015.1063548
- Tiwari, B. K., Brunton, N. P., & Brennan, C. S. (2013). *Handbook of plant food phytochemicals: sources, stability and extraction*. USA: John Wiley & Sons. doi: 10.1002/9781118464717
- United States Department of Agriculture (USDA). (2004). *USDA database for the Proanthocyanidins Content of Selected foods*. USA: Author. Retrieved from <https://www.ars.usda.gov/ARSEUserFiles/80400525/Data/PA/PA.pdf>
- Vázquez-Negrín, I., Castillo-Acosta, O., Valdez-Hernández, J. I., Zavala-Cruz, J., & Martínez-Sánchez, J. L. (2011). Estructura y composición florística de la selva alta perennifolia en el ejido Niños Héroes Tenosique, Tabasco, México. *Polibotánica*, 32, 41-61. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62119933003>
- Vázquez-Yanes, C., Batis-Muñoz, A. I., Alcocer-Silva, M. I., Gual-Díaz, M., & Sánchez-Dirzo, C. (1999). *Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. México: CONABIO-Instituto de ecología, UNAM. Retrieved from [http://ixmati.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/inicio.pdf](http://ixmati.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/inicio.pdf)
- Vega-López, A., Valdez-Hernández, J., & Cetina-Alcalá, V. (2003). Zonas ecológicas de *Brosimum alicastrum* Sw. en la costa del Pacífico mexicano. *Madera y Bosques*, 9(1), 27-53. doi: 10.21829/myb.2003.911287
- Votavova, L., Voldrich, M., Sevcik, R., Cizkova, H., Mlejnecka, J., Stolar, M., & Fleisman, T. (2009). Changes of antioxidant capacity of robusta coffee during roasting. *Czech Journal of Food Science*, 27(1), S49-S52. doi: 10.17221/1105-CJFS
- Wang, H. Y., Qian, H., & Wei-Rong, Y. (2011). Melanoidins produced by the Maillard reaction: structure and biological activity. *Food Chemistry*, 128(3), 573-584. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.03.075
- Yeddes, N., Cherif, J. K., Guyot, S., Helene, S., & Ayadi, M. (2013). Comparative study of antioxidant power, polyphenols, flavonoids and betacyanins of the peel and pulp of three Tunisian *Opuntia* forms. *Antioxidants*, 2(2), 37-51. doi: 10.3390/antiox2020037
- Young, V. R. (1992). Macronutrient needs in the elderly. *Nutrition Reviews*, 50(12), 454-462. doi: 10.1111/j.1753-4887.1992.tb02502.x
- Zhang, M., Chen, H., Li, J., Pei, Y., & Liang, Y. (2010). Antioxidant properties of tartary buckwheat extracts as affected by different thermal processing methods. *LWT – Food Science and Technology*, 43(1), 181-185. doi: 10.1016/j.lwt.2009.06.020