

Análisis proximal y cuantificación de compuestos bioactivos de las hojas de *moringa oleifera* recolectadas en la ciudad de Mérida, Yucatán

¹Chan-Matú Daniel Iván, ¹Tamayo-Cortez Jorge Abraham, ¹Toledo-López Víctor Manuel, ²Madera-Santana Tomás J., ¹Vargas y Vargas María de Lourdes*

¹Tecnológico Nacional de México/IT Mérida, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Km 5 Carretera Mérida-Progreso. Mérida, Yucatán.

²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. CTAOV. C.P. 83304, Hermosillo, Sonora, México

Resumen

En el presente estudio se determinó el contenido proximal, los compuestos bioactivos y la actividad antioxidante de hojas de *Moringa (Moringa oleifera)* cultivadas en la ciudad de Mérida, Yucatán. Las hojas de *Moringa* se secaron en un horno convencional y se trituraron hasta obtener una harina fina a la cual se le aplicaron los análisis correspondientes. Los resultados indicaron un alto contenido de extracto etéreo, proteínas y extracto libre de nitrógeno. Se obtuvieron valores significativos de compuestos fenólicos totales, flavonoides y vitamina C y se lograron identificar 9 compuestos fenólicos por HPLC. En la actividad antioxidante, el porcentaje de inhibición de radicales libres por el método del ABTS fue de $99.29 \pm 0.20\%$. Estos resultados indican que las hojas de *Moringa* pueden ser usadas para el desarrollo de productos comerciales como suplementos alimenticios que ayuden a prevenir algunas patologías.

Abstract

In the present study it was determined the proximate analysis, bioactive compounds, and antioxidant activity of *Moringa (Moringa oleifera)* leaves grown in the city of Merida, Yucatan. *Moringa oleifera* leaves were dried in a conventional oven and crushed to obtain a fine flour to which the corresponding analyzes were applied. The results indicated a high content of ethereal extract, proteins, and nitrogen-free extract. Significant values of polyphenols, flavonoids, and vitamin C were determined, and 9 phenolic compounds were identified by HPLC. In the antioxidant activity, the percentage of free radical inhibition by the ABTS method of $99.29 \pm 0.20\%$. These results indicate that *Moringa* leaves can be used for the development of commercial products such as food supplements that help prevent some pathologies.

Palabras claves: *Moringa oleifera*, análisis proximal, compuestos bioactivos, antioxidantes.

Keywords: *Moringa oleifera*, proximal analysis, bioactive compounds, antioxidants.

1. INTRODUCCIÓN

Los nutrientes que aportan los alimentos son sustancias que proporcionan energía para realizar funciones biológicas como respirar, digerir alimentos, mantener la temperatura corporal, crecer, reparar órganos y tejidos del cuerpo, además de mantener un adecuado funcionamiento del sistema inmune, también nos ayudan a realizar actividades físicas. Los nutrientes se clasifican en micro y macronutrientes, los macronutrientes son un grupo en la que destacan los carbohidratos, grasas y proteínas; en micronutrientes se incluyen las vitaminas y los minerales. Los macronutrientes se necesitan en una ingesta que supera al gramo a diferencia de los micronutrientes que no superan el gramo (Velasco, 2006).

El contenido de nutrientes en los alimentos varía considerablemente por diferentes razones, ya sea factores ambientales, genéticos y relativos a la siembra, por hábitos de consumo de cada país como recetas, preferencia de cierto tipo de alimentos y por la biodiversidad de los alimentos debido a las diferentes variedades de un mismo alimento (FAO, 2017). Por otra parte, la calidad nutritiva de los productos vegetales depende no

solamente de la cantidad y calidad de los macro y micronutrientes que proporcionan, sino de la presencia de determinados compuestos bioactivos que pueden tener un mecanismo de acción complementario y/o superpuesto. Recientes estudios epidemiológicos sugieren que el consumo de compuestos bioactivos con potencial antioxidante, como vitaminas, carotenoides, flavonoides y otros compuestos fenólicos tiene efectos protectores contra enfermedades tales como cáncer, diabetes, neurodegenerativas y disfunciones cardiovasculares (Xiao *et al.*, 2014). Además de sus propiedades biológicas, los fitoquímicos han generado un gran interés por su potencial antioxidante al poderse incorporar en los procesos alimentarios, ya que pueden ser utilizados como sustitutos de los antioxidantes sintéticos, proporcionando protección contra la degradación oxidativa ocasionados por los radicales libres (Cárdenas *et al.*, 2015). Son considerados compuestos bioactivos aquellos componentes extra-nutricionales de origen vegetal que son vitales para el mantenimiento de la salud humana (Tadapaneni *et al.*, 2015). Dentro de los compuestos bioactivos (fitonutrientes) encontramos a los carotenoides y flavonoides (antocianinas, ácidos fenólicos, polifenoles, antraquinonas, etc), terpenos y Tioles (Young *et al.*, 2005; González-Aguilar *et al.*, 2011).

Los compuestos fenólicos constituyen uno de los más numerosos y representativo de los grupos de metabolitos secundarios de las plantas. Su relevancia radica en su participación en la fisiología de las plantas y se le ha relacionado con el metabolismo celular, así como la morfología, crecimiento, reproducción, defensa contra plagas y depredadores, y procesos germinativos, entre otros. Estos compuestos están presentes en la mayoría de los productos naturales consumidos por el hombre y en estudios recientes se ha demostrado una significativa actividad antioxidante, que evidencia su potencial benéfico sobre la salud humana, entre ellos se encuentran los flavonoides (Jurado *et al.*, 2016).

Los terpenos son compuestos clasificados en el grupo de los lípidos prenoles, derivado de los isoprenos, funcionan como antioxidantes que protegen a los lípidos, la sangre y otros fluidos corporales contra el ataque de los radicales libres; entre los terpenos más estudiados se encuentran los carotenoides y los limonoides. Los tioles son moléculas orgánicas que en su estructura contiene azufre, estos compuestos están presentes en las plantas del género *Allium* (ajo y cebolla) y entre ellos están los glucosinolatos, los sulfidos alílicos y los indoles (Sainz *et al.*, 2006).

La *Moringa oleifera* es un árbol caducifolio, de crecimiento rápido, con raíces tuberosas y gruesas, hoja verde claro, de floración abundante, con frutos en cápsulas alargadas y colgantes y que contienen semillas oscuras. Se asocia a zonas tropicales y subtropicales, bastante resistente a la sequía, con una temperatura de crecimiento ideal de 25-35 °C, aunque puede tolerar hasta los 48 °C (Egea *et al.*, 2015) Esta planta muestra una amplia gama de beneficios y se considera como uno de los árboles más útiles. Se ha empleado las diferentes partes de la planta (hojas, raíz, corteza, flores, vainas) como terapéutico para diferentes dolencias (Canett-Romero *et al.*, 2014). Estas estructuras poseen propiedades antimicrobianas, antioxidantes, así como un elevado poder nutritivo (vitaminas, minerales o aminoácidos esenciales entre otros) que le otorgan un importante papel potencial en la prevención y lucha de la desnutrición (Canett-Romero *et al.*, 2016; Doménech *et al.*, 2017).

Se han descrito propiedades medicinales tales como: potencial antihipertensivo, antiinflamatorio diurético, antidiabético y antiespasmódico (Gopalakrishnan *et al.*, 2016). Las hojas de la *Moringa oleifera*, son las partes más aprovechadas por su alto valor proteico y mínimo contenido de taninos. Además, son ricas en componentes antioxidantes, como ácido ascórbico, flavonoides, carotenoides entre los que sobresalen los isotiocianatos que figuran como uno de los principales portadores de propiedades anticancerígenas y antibióticas. Se conoce que una de las características distintivas de la planta de *Moringa* es su alto contenido de compuestos fenólico estudiados por sus aplicaciones biológicas (Valdez-Solana *et al.*, 2015; Kotb *et al.*, 2017).

Los componentes antinutricionales en las hojas como son los taninos, lecitinas e inhibidores de proteasas son mínimas; por esta razón son comestibles en su totalidad, al mismo tiempo contienen un perfil de aminoácidos esenciales balanceados y son una fuente importante de vitaminas A, C y antioxidantes, lo que lo convierten en un suplemento dietético prácticamente ideal (Olson y Fahey, 2011). La industria alimentaria tiene un interesante reto por delante, la incorporación de la Moringa como ingrediente que permita sustituir diferentes conservantes y antioxidantes químicos por otros naturales y al mismo tiempo la preparación de productos básicos, como pan altamente nutritivo, ideal para determinados grupos poblacionales en mayor riesgo de desnutrición. Debido a la importancia que va adquiriendo la Moringa se plantea como objetivo de este trabajo determinar las propiedades nutrimentales, cuantificar el contenido de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidantes de las hojas de Moringa cosechadas en ciudad de Mérida, Yucatán.

2. METODOLOGÍA

Materia prima.

Las hojas de Moringa se recolectaron en la ciudad de Mérida, Yucatán, México, de manera aleatoria en diferentes puntos de la periferia de la ciudad durante las épocas de secas (marzo- abril de 2018).

Preparación de la harina.

Las hojas se separaron de los tallos y se secaron en una estufa de convección (Thermo Fisher Scientific) a una temperatura a 50 °C por 24 h. Transcurrido ese tiempo se trituraron en una licuadora comercial (Osterizer) de 1.5 L de capacidad en la cual se obtuvo un polvo fino. A esta harina se le realizó el análisis proximal, cuantificación de compuestos bioactivos e identificación de compuesto fenólicos individuales y la actividad antioxidante.

Análisis proximal

La composición proximal fue determinada utilizando los métodos del AOAC (2012): contenido de humedad (Método 925.09); cenizas (método 923.03; grasa cruda usando etanol como solvente de extracción (método 920.39); proteína cruda usando 6.25 como factor de conversión de proteína (método 954.01); y los compuestos libres de nitrógeno fueron determinado por diferencia.

Cuantificación de compuestos bioactivos

Extracción etanólica de harina de Moringa

El extracto etanólico se obtuvo siguiendo la metodología de Nascimento *et al.* (2017) con algunas modificaciones, 5 g de harina de Moringa se maceraron en 100 mL de etanol-agua (80-20 v/v) con agitación durante 6 h continuas, transcurrido ese tiempo se almacenó a oscuridad a 4 °C durante 18 h, la suspensión se filtró y el sobrenadante resultante se concentró en un rotavapor R-100 (Büchi) a presión reducida y 55 °C. Este extracto se conservó en un congelador (Frigidaire).

Contenido de fenoles totales

La concentración de fenoles totales se midió con el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965) La cuantificación se llevó a cabo realizando una curva de calibración con ácido gálico (0.05-0.5 mg/mL). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico (mg EAG)/100 g muestra seca.

Contenido de vitamina C

La cuantificación del contenido de vitamina C se realizó titulando una muestra con una solución 2-6 diclorofenolindofenol, siguiendo el procedimiento descrito por la Association of Official Analytical Chemists

(AOAC, 1995). La solución de 2-6 diclorofenolindofenol fue estandarizada con una solución de ácido ascórbico. Los resultados son expresados como mg equivalentes de ácido ascórbico (EAA)/100 g de peso de la muestra seca.

Contenido de flavonoides totales

Se aplicó el método propuesto por Maksimovic (2005), el cual se basa en una reacción colorimétrica entre los flavonoides y el tricloruro de aluminio cuyo producto es un compuesto colorido que presenta un máximo de absorción a la longitud de onda de 420 nm. La cuantificación de los flavonoides totales se realizó mediante una curva de calibración de quercetina (5-50 ppm) para obtener la ecuación de la recta. El resultado se expresó como mg equivalentes de quercetina (mg EQ)/100 g de muestra seca.

Contenido de carotenoides.

Se determinó espectrofotométricamente mediante la extracción de los carotenoides con hexano y alcohol isopropílico (Chen *et al.*, 2004). Se midieron las absorbancias de la fase orgánica, a una longitud de onda de 470 nm. Se realizó una curva de calibración con β -caroteno estándar (0-100 ppm). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de β -carotenos (β -C)/100 g de muestra seca.

Contenido de antocianinas totales.

Para la obtención de la concentración de antocianinas totales se utilizó el método de pH diferencial reportado por Rapisarda *et al.* (2000). La antocianina experimenta una transformación reversible con los cambios de pH y por lo tanto por un cambio de absorbancia, donde la forma oxonium predomina a pH 1 y el hemiacetal a pH 4.5.

La absorbancia fue registrada a las longitudes de onda de 520 y 700 nm y la concentración de antocianinas fue calculada mediante la ecuación:

$$A = (A_{\lambda \text{ vis max}} - A_{\lambda 700})_{\text{pH}1} - (A_{\lambda \text{ vis max}} - A_{\lambda 700})_{\text{pH}4.5}$$

Para calcular la concentración de antocianina en la muestra original se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Antocianina monomérica (mgL}^{-1}\text{)} = \frac{A * PM * FD * 1000}{\epsilon * l}$$

Dónde: A es la concentración de antocianinas, PM es peso molecular, FD es el factor de dilución y ϵ es la absorptividad molar.

Identificación de compuestos fenólicos

El análisis de compuestos fenólicos individuales de los extractos se realizó con un equipo de cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) de la marca Agilent Technologies modelo Infinity HPLC-1220 (Palo Alto, CA), equipado con inyector manual (circuito de 20 μ L) y detector UV-Vis fijado a 350 nm. La operación del equipo se realizó con el programa OpenLAB CDS ChemStation de Agilent Technologies. Los extractos etanólicos en la determinación de compuestos fenólicos totales, se centrifugaron y se filtraron a través de un sistema de filtración Millipore con un diámetro de filtro de 47 mm, empleando membrana de filtración Whatman de 0.45 μ m. Las condiciones del análisis cromatográfico se encuentran reportados por Can-Cauich *et al.* (2017). Se utilizaron una mezcla de 100 mg de los estándares ácido cafeico, gálico, elágico, ferúlico, *p*-hidroxibenzoico, sinapático, miricetina, kaempferol y quercetina (Sigma-Aldrich).

Determinación de la actividad antioxidante

Método ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina)-6 sulfonato de amonio)

Se siguió la metodología de Re *et al.* (1999) y descrito por Vargas y Vargas *et al.* (2019). Se preparó una solución compuesta por ABTS 7 mM y persulfato de potasio 0.45 mM. Se tomaron 3.9 mL de radical catiónico, se adicionaron 0.10 mL de muestra y se midió la absorbancia a 734 nm a los 7 min de reacción. Los resultados se expresaron en % de inhibición y en mg equivalentes de Trolox (ET)/100 g de muestra seca.

Método DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil)

Se usó la técnica descrita por Brand-Williams *et al.* (1995) y modificado por Moo-Huchin *et al.* (2014). Se preparó DPPH 0.1mM disuelto en metanol al 80%. Se hizo reaccionar 0.1 mL de extracto etanólico con 3.9 mL de solución DPPH y se midió la absorbancia a los 30 min a 515 nm. Los resultados fueron reportados en % de inhibición y en mg equivalentes de Trolox (ET)/100 g de muestra seca.

Análisis estadístico

Los experimentos se efectuaron por triplicado. Los resultados fueron analizados mediante estadística descriptiva utilizando la media (medida de tendencia central) y la desviación estándar (medida de dispersión). Los experimentos fueron realizados acorde a un diseño completamente al azar. Los análisis fueron efectuados a través del programa Statgraphics Centurión XVI.

3. RESULTADOS

Análisis proximal

El análisis proximal de un alimento es el punto de partida lógico en la evaluación de su contenido de nutrientes y cómo puede ser combinado de la mejor forma con otras materias primas para alcanzar el nivel deseado de los diferentes componentes de una dieta. Las hojas de Moringa se deshidrataron y durante este proceso los principios activos (fitoquímicos o nutrientes) se concentran por la eliminación de agua libre y ligada que se da durante el proceso de secado, lo cual se considera que es uno de los aspectos más importantes (SAGARPA, 2011). Los resultados del análisis proximal se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de los análisis proximales de las hojas de *Moringa Oleifera**

Parámetro	Cantidad
Humedad	4.64 ± 0.23
Cenizas	3.35 ± 0.00
Extracto etéreo	25.82 ± 0.10
Fibra cruda	9.62 ± 0.04
Proteínas	22.05 ± 0.87
Extracto libre de nitrógeno	34.52 ± 0.65

*Resultados expresados en %/100 g de muestra seca.

Todas las plantas, contienen agua en mayor o menor proporción. Las cifras de contenido en agua varían entre los alimentos naturales. Las hojas presentaron una humedad promedio de 4.64 ± 0.23%. Este resultado confirma que las hojas estuvieron lo suficientemente secas para poder realizar las extracciones. Por lo tanto, no se corre el riesgo de potenciar la degradación del producto por vía hidrolítica u oxidativa, además de disminuir los riesgos de contaminación microbiana de la materia prima (Valdez *et al.*, 2015). El porcentaje de humedad presente en las hojas de Moringa indica que se encuentra por debajo del intervalo de humedad en el que oscilan la mayoría de los alimentos naturales. Esta variable es muy importante para establecer las condiciones de

almacenamiento de los componentes de las plantas, con posibilidades para desarrollar procesos de transformación agroindustrial y alargar su vida útil (Contreras y Santos, 2012). Todo alimento que posea en sus moléculas una humedad mayor a 12.5% y no esté debidamente preservada, es susceptible al crecimiento bacteriano y micótico, produciendo la descomposición parcial o total del producto (Contreras y Santos, 2012). Amabye (2016), reporta valores de 3.34% de humedad en hojas de Moringa. Debido a esta cantidad relativamente baja de humedad, la Moringa se ubica dentro de la clasificación del *Codex alimentarius* para harinas y polvos, en donde se colocan las harinas hasta un máximo de 15 % de humedad, lo que le permite ser una opción como aditivo.

El contenido de cenizas en un alimento indica los elementos inorgánicos, pueden estar conformado por minerales presentes en los alimentos (Rajput et al., 2017). De acuerdo a la Tabla 1, las hojas presentaron valores inferiores a los reportados por Amabye (2016), Rajput et al. (2017) reportan valores de hasta 6.89% de cenizas. Estas variaciones entre los contenidos de cenizas pueden deberse a las condiciones climáticas donde se desarrolla la planta y la edad de la planta (Songsak et al., 2010).

En cuanto a los porcentajes de extracto etéreo, las hojas presentaron valores de $25.82 \pm 0.10\%$. Es importante resaltar el alto contenido de aceite de la hoja de la Moringa en comparación con otras hojas comestibles como la acelga, espinaca y alcachofa que no es mayor a 0.5% (USDA, 2007). El perfil de ácidos grasos de las hojas permite conocer el aporte de ácidos grasos, lo cual se ha reportado que el aceite de la hoja de la Moringa es rico en ácido α -linolenico (44.6%) el cual tiene un efecto positivo importante sobre la salud (Moyo et al., 2011). En tanto que en el resto de la planta el ácido predominante es el palmítico (Sabo-Mohamed et al., 2007) y aceites omegas 3 y 6 (Ayerza, 2012). Las variaciones del contenido de grasas de la planta dependen de las condiciones en que se desarrolló, cuando una planta u organismo recibe energía asimilable en exceso del alimento o de su actividad fotosintética la cual puede almacenarlo en forma de grasas para la producción de energía, y a medida que la planta crece y comienza a producir semillas; algunos carbohidratos comienzan a convertirse en grasas y aceites más concentrados, aportando más energía que pueden ser almacenados (Gu et al., 2011). La Moringa ha sido recomendada para complementar la dieta y algunos estudios muestran que es segura su ingesta de hasta 1 g/kg corporal (Anwar et al., 2006; Asare et al., 2012).

El contenido de fibra cruda fue de 9.62 ± 0.04 , los valores obtenidos resultaron significativamente mayores a los encontrados en las hojas frescas por Del toro et al. (2011), siendo de 2.04%, el contenido de fibra hace que la Moringa pueda ser utilizada para alimentación animal, en la industria papelera y también a nivel de sistema digestivo de los humanos, donde ayudaría a eliminar residuos y toxinas además de reducir el colesterol, previniendo enfermedades en el intestino delgado (Matos y Chambilla, 2010).

La proteína puede ser aprovechada en la obtención de harinas complementarias para la nutrición humana y animal la cual dependerá de la composición de aminoácidos y de la digestibilidad de la proteína (Jordán y Hoyos, 2007). La cantidad de proteína obtenida en las hojas de Moringa fueron superiores a los reportados por Amabye (2016, quien reporta para las hojas secas de Moringa de los supermercados en Mekelle, Etiopía con 10.71% de proteína; aunque es inferior al valor reportado por Guevara y Rovira (2012) de 22.65 a 23.92%. Diversos autores han reportado valores similares o superiores del 25% de proteína (Oduro, 2008; Olson y Fahey, 2011; Mgbemena y Obodo, 2016).

Estas variaciones de contenido proteico en las hojas de Moringa pueden deberse a las condiciones climatológicas y edafológicas en que son cultivadas las plantas, de igual manera, influye la madurez fisiológica de los árboles, la fracción de la planta donde obtienen las hojas y el suelo de cultivo. Por ejemplo, un alto contenido de nitrógeno en el suelo por la presencia de nutrientes (estiércol), aumenta el contenido proteico a nivel de las

hojas y demás partes de la planta (Songsak *et al.*, 2010). La ventaja de la Moringa en comparación con otros alimentos de alto contenido proteico como frijoles y soya radica en que su contenido proteico se encuentra en las hojas, debido a que estos alimentos se tienen que esperar el desarrollo de sus frutos para poder contar con esta proteína. Las hojas de Moringa pueden ser cosechadas cada 40 días, secadas y procesadas por tener a esta edad su mayor contenido proteico, dado que después de los 50 días se comienza a producir más fibras y disminuye la cantidad de proteínas (Foidl *et al.*, 2001). Los valores obtenidos de proteína en este estudio pueden ser comparados con los obtenidos para el frijol de 23%. Algunas hojas como la espinaca contienen un 29% (INCAP, 2008).

El extracto libre de nitrógeno (ELN) está constituido por almidones, azúcares solubles, pectinas, ácidos orgánicos, mucílagos y también incluye cantidades variables de celulosas y ligninas, además puede tener vitaminas hidrosolubles, en la hoja moringa se encontró un porcentaje de 34.52 ± 0.65 . Debido a que la mayor parte del ELN, se compone de almidón y azúcares suele representar un alto valor energético, este potencial de la hoja no fue alto debido a que éstas resultaron con alto contenido de extracto etéreo representado en este valor la energía de las hojas.

Compuestos bioactivos

Los Compuestos bioactivos o fitoquímicos son compuestos activos de origen vegetal, presentan gran potencial como promotores de la salud debido a sus propiedades antioxidantes, antimicrobiano, antiinflamatorios, entre otros (González-Laredo *et al.*, 2012). Los resultados de la cuantificación de compuestos bioactivos de las hojas de Moringa se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la cuantificación de compuestos bioactivos de las hojas de *Moringa oleífera**

Parámetro	Cantidad
Fenoles totales (mg EAG)	2,156.048 ± 97.43
Vitamina C (mg EAA)	190 ± 14.14
Flavonoides (mg EQ)	154.66 ± 4.05
Antocianinas (mg AT)	70.64 ± 2.13
Carotenos (mg β-C)	85.1 ± 3.52

*Los valores son la media ± desviación estándar, se analizan individualmente por triplicado y se expresan como mg/100 g de muestra seca.

La extracción de polifenoles a partir de las hojas de Moringa ha ganado una gran connotación en nuestro país y a nivel mundial en la última década, por la importancia que esto puede tener para el enriquecimiento de productos alimenticios, con el consiguiente impacto sobre la salud humana.

Las hojas de Moringa presentaron un contenido de fenoles totales de $2,156.048 \pm 97.43$ mg EAG/100 g de muestra. Guzmán y Díaz (2017), estudiaron el contenido de fenoles totales de hojas de Moringa recolectados en el estado de Chiapas, México, obteniendo concentraciones entre 2,436.3 a 3,749.9 mg EAG/100 g de muestra seca. El valor mínimo reportado por estos autores es similar al presente trabajo. Se han reportado valores superiores como los de Castillo *et al.* (2017) y Sreelatha y Padma (2009). Las diferentes concentraciones que se reportan se podrían deber a los diferentes grados de polaridad y las constantes dieléctricas de los disolventes utilizados para la extracción de compuestos fenólicos, así como las condiciones ambientales y de cultivo de la planta (Rivas *et al.*, 2017). La concentración de compuestos fenólicos con la mezcla de etanol-agua (80:20), revela que existen compuestos fenólicos que son solubles en esta mezcla más que en los disolventes puros.

Cabe resaltar que la solubilidad en agua y alcohol de los compuestos fenólicos, generalmente es mayor para los compuestos difenólicos y polifenoles, indicando que este tipo de compuestos pueden estar presentes en las hojas de Moringa. Lo anterior puede considerarse, si se tiene en cuenta que los flavonoides se caracterizan por ser compuestos polifenólicos y solubles en agua, y por tanto podrían estar presentes en las hojas.

Los resultados del contenido de flavonoides fueron inferiores a los reportados por Sankhalkar y Vernekar (2016) y Sreelatha y Padma (2009). Estas diferencias en los resultados pueden deberse a que los metabolitos secundarios varían de acuerdo a la edad de las hojas, demostrando que el estado de desarrollo de éstas afecta la biosíntesis y acumulación de estos compuestos químicos, siendo las hojas jóvenes maduras las suelen mayor cantidad de ellos (Valares-Masa *et al.*, 2016). Los flavonoides y los fenoles no actúan en el metabolismo primario de las plantas, pero forman parte de las interacciones entre la planta y su ambiente, suelen sintetizarse cuando las plantas están en situaciones adversas como el ataque de herbívoros, por microorganismos y por la competencia con otras especies por luz, agua y nutrientes. (Leone *et al.*, 2015).

Vázquez-León *et al.* (2017), mencionan que el contenido de compuestos fenólicos y de ácido ascórbico son los compuestos bioactivos más importantes de la *Moringa oleifera*, por lo tanto, son los principales responsables de su capacidad antioxidante. La vitamina C fortalece el sistema inmune al aumentar la proliferación de linfocitos, es decir, consumiendo 1 g de hojas frescas de moringa al día sería suficiente para aumentar las defensas, prevenir el contagio de enfermedades virales y cubrir el Valor Diario Recomendado de vitamina C de 60 mg/día (FDA, 2009). En el análisis del contenido de ácido ascórbico se encontró que en las hojas se obtiene una concentración de 190 ± 14.14 mg EAA/100 g. Se observa que el contenido de ácido ascórbico es mayor a las muestras de hojas de Moringa reportado por Raghavendra *et al.* (2015) e inferiores a los reportados por Vats y Gupta (2017). Se ha reportado que la vitamina C incrementa la biodisponibilidad del hierro siendo antagonista al efecto inhibitorio que el calcio, polifenoles y ácido fítico tienen sobre el hierro (Hurrell y Egli, 2010).

Los principales aportes hechos por la Moringa en términos de macro y micronutrientes, se encuentran en las hojas, que al igual que las vainas frescas y los frutos muestran un valor considerable de vitamina A en forma de β -carotenos, minerales (hierro, potasio y calcio) y vitamina C. Los carotenoides son terpenos que tienen una importancia particular como compuesto bioactivo debido a sus propiedades antioxidantes y su poder como colorante; además presentan actividad contra enfermedades como cáncer, enfermedades cardiovasculares y degenerativas de la vista, entre otras. El contenido de carotenoides en las hojas de Moringa fue similar al reportado por Vázquez-León *et al.* (2017), quienes estudiaron el contenido de compuestos bioactivos de hojas de *Moringa oleifera* cultivados en Veracruz, México y su efecto a diferentes factores climáticos, edad de árboles y parámetros de suelo. Los autores mencionan que los árboles con 6 u 8 días de edad obtienen concentraciones de 86.49 mg β -C/100 g de hojas. El rango de edades de los árboles estudiados por Vázquez-León *et al.* (2017) son de 309 a 949 días de edad, obteniendo un rango de concentraciones de carotenoides entre 51.41 a 137.30 mg β -C/100 g de hojas; lo que se podría observar es que las edades de los árboles están relacionadas con la composición de los carotenoides de las plantas. Cuando se producen excesivas radiaciones solares y UV, se aumenta la síntesis de carotenoides en las hojas de Moringa que proporciona protección contra las Especies Reactivas de Oxígeno (EROs) generadas por el estrés causado por las condiciones climáticas (Vázquez-León *et al.*, 2017). Vats y Gupta en el 2017 recolectaron muestras de diferentes partes del árbol de Moringa durante el mes de mayo reportando valores superiores de carotenoides en hojas con concentraciones de 1,410 mg β -C/100 g.

Las antocianinas son las responsables del color atractivo en muchos productos hortofrutícolas (Zozio *et al.*, 2011), estos colores abarcan del rojo hasta el azul. Las hojas presentaron un contenido de 85.1 ± 3.52 mg de cianidina-3 glucósido/100 g. Vats y Gupta (2017), reportan valores en las hojas de 9.40 mg cianidina-3-glucósido

valores inferiores a los encontrados en este trabajo. Las antocianinas aunado a otros compuestos antioxidantes están relacionados con las propiedades curativas que presenta la Moringa (Padayachee y Baijnath, 2012).

Identificación de compuesto fenólicos individuales

La identificación de compuestos fenólicos individuales y el cromatograma se encuentran reportados en la Tabla 3 y Figura 1, respectivamente. Estos compuestos fenólicos se identificaron usando HPLC por comparación con los tiempos de retención de los estándares. Se identificaron un total de 9 compuestos fenólicos, los cuales 6 son ácidos fenólicos (ácido gálico, ácido cafeico, ácido elágico, vainillina y ácido 2-hidroxinámico) y 4 flavonoides (catequina, epicatequina, galacto de epicatequina e isorhamnetina). El cromatograma muestra que el pico más pronunciado fue para el ácido cafeico. Verma *et al.* (2009) indican la presencia de cuatro ácidos fenólicos (gálico, clorogénico, elágico y ferúlico) y tres flavonoides (kaempferol, quercetina y rutina). Por otra parte, Govardhan Singh *et al.* (2013), reportan la presencia de ácido gálico, catequina, vainillina, ácido cafeico y quercetina.

Tabla 3. Compuestos fenólicos individuales encontrados en las hojas de *Moringa oleifera*

Tiempo de retención (min)	Compuesto
18.10	Ácido gálico
18.86	Catequina
20.24	Epicatequina
22.26	Ácido cafeico
23.62	Ácido elágico
23.99	Vainillina
24.52	Galacto de epicatequina
27.19	Ácido 2-hidroxinámico
36.36	Isorhamnetina

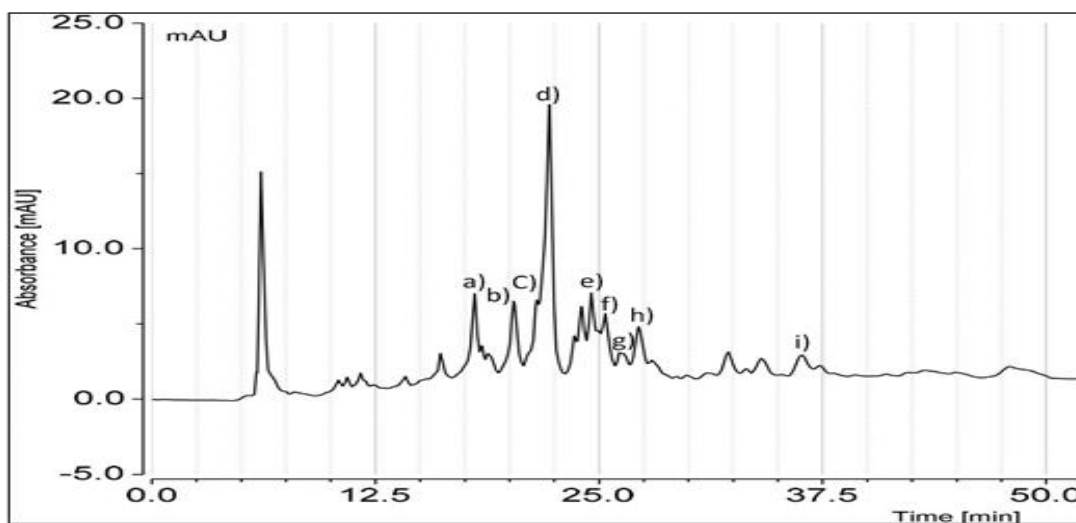


Figura 1. Perfil de compuestos fenólicos por HPLC. a) ácido gálico b) catequina c) epicatequina d) ácido cafeico e) ácido elágico f) vainillina g) galacto de epicatequina h) ácido 2-hidroxinámico i) isorhamnetina

Actividad antioxidante

Los métodos para evaluar la actividad antioxidante *in vitro* nos permiten tener una idea aproximada de lo que ocurre en situaciones complejas, *in vivo*. Los métodos más utilizados para la medición de la actividad antioxidantes son los métodos de ABTS y DPPH. Ambas técnicas presentan una excelente estabilidad en ciertas

condiciones, aunque también muestran diferencias. El DPPH es un radical libre que puede obtenerse directamente sin una preparación previa mientras que el ABTS tienen que ser generados tras una reacción que puede ser química, enzimática o electroquímica (Kuskoski *et al.*, 2015) Ambos compuestos son radicales libres relativamente estables que han sido usados ampliamente para ensayar la habilidad de determinados compuestos para actuar como eliminadores de radicales libres o bien como donadores de hidrógeno (Fitriana *et al.*, 2016).

Tabla 4. Actividad antioxidante de las hojas de *Moringa oleifera*

Muestra	% de captación de radicales libres		mg ET/100g	
	DPPH	ABTS	DPPH	ABTS
Hojas	85.11 ± 0.40	99.29 ± 0.20	48.57 ± 0.74	62.95 ± 0.12

En la Tabla 4, se observa que, la cuantificación de decoloración de los radicales DPPH[•] y ABTS⁺ mostraron una notable capacidad de inhibición. Los valores más altos se observaron en la técnica de ABTS el cual se genera debido a la interacción con las especies donantes de hidrógeno o electrones. Este mayor porcentaje de inhibición puede deberse a que con este método puede medirse compuestos tanto hidrofílicos como lipofílicos, en tanto que el DPPH se mide a los compuestos de baja polaridad específicamente los lipofílicos (Kuskoski *et al.*, 2005). Este mismo comportamiento se siguió al medir la actividad antioxidante en términos de mg de trolox/100 g de muestra. Muñoz *et al.* (2007), mencionan que la capacidad antioxidante y el contenido de compuestos fenólicos obtenidos por el método DPPH y ABTS, se correlacionan con el contenido de compuestos fenólicos totales. En un estudio de plantas medicinales realizado por Echavarría *et al.* (2016), encontraron una alta capacidad antioxidante en las hojas de *Moringa* (medida por el método del DPPH) en extractos etanólicos al 70%, encontraron la presencia de flavonoides, antocianinas, polifenoles y taninos; por lo que la actividad antioxidante mostrada pudiera atribuirse a la acción sinérgica de estos de metabolitos. La capacidad antioxidante en las frutas y hortalizas puede deberse a la suma de las capacidades antioxidantes de cada tipo de metabolito presente, sino también depende del microambiente en el que se encuentre el compuesto; pudiendo interactuar entre sí, produciéndose efectos sinérgicos o inhibitorios. Como es sabido, los compuestos fenólicos incluyen a polifenoles, taninos, flavonoides, flavonoles, coumarinas; los cuales son metabolitos esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas y actúan como agentes protectores frente a patógenos, siendo secretados como mecanismo de defensa a condiciones de estrés, tales como infecciones, radiaciones UV, entre otros (Cai *et al.*, 2006).

4. CONCLUSION

De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontró un alto contenido en la harina de las hojas de *Moringa* de extracto etéreo, proteína y ELN, así como altas concentraciones de polifenoles, flavonoides, encontrándose también vitamina C, carotenos y antocianinas. La capacidad antioxidante resultó mayor cuando la prueba se realizó mediante el ABTS al igual que el contenido antioxidante. Estos estudios demuestran el importante contenido de nutrientes y antioxidantes en la *Moringa* y si bien existen variaciones en relación con los resultados obtenidos por otros autores, estas variaciones se pueden deber atribuir a la metodología usada, a los factores ambientales y genéticos de la planta. Por lo tanto, la harina de *Moringa* podría ayudar al desarrollo de productos con alto valor nutricional teniendo un impacto favorable en la lucha en contra de la desnutrición de la población. La presencia de compuestos con actividad antioxidante le daría importancia para usarse en la industria farmacéutica elaborando productos con propiedades medicinales.

REFERENCIAS

- [1] Amaybe, T. 2016. Chemical composition and nutritional value of *Moringa oleifera* available in the market of Mekelle. *Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2(5): 187-190.
- [2] Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., y Gilani, A.H. 2006. *Moringa oleifera*: a food plant with multiple medicinal uses. *Phytotherapy Research*. 21(1): 17–25. doi:10.1002/ptr.2023.
- [3] AOAC Association of Official Analytical Chemists. 1995. Vitamin C (Ascorbic acid in vitamin preparations and juices. 2,6-Dichloroindophenol titrimetric method. Procedure No. 967.21. In AOAC official methods of analysis, pp 1058–1059. Arlington, VA: Association of the Official Analytical Chemists.
- [4] AOAC. 2012. *Official Method of Analysis* (19th ed.). Maryland: AOAC International.
- [5] Asare, G.A., Gyan, B., Bugyei, K., Adjei, S., Mahama, R., Addob, P., Otu-Nyarko, L., Wiredu, E.K., y Nyarkob, A. 2012. Toxicity potentials of the nutraceutical *Moringa oleifera* at supra-supplementation levels. *Journal of Ethnopharmacology*. 139(1): 265-272.
- [6] Ayerza, R. 2012. Seed and oil yields of *Moringa oleifera* variety Periyakalum-1 introduced for oil production in four ecosystems of South America. *Industrial Crops and Products*. 36(1): 70-73. doi: 10.1016/j.indcrop.2011.08.00.
- [7] Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., y Berset, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT- Food Science and Technology*. 28: 25- 30.
- [8] Cai Y., Sun M., Xing J., Luo Q., y Corke H. 2006. Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. *Life Science*. 78(25): 2872-2888.
- [9] Can-Cauich, C.A., Sauri-Duch, E., Betancur-Ancona, D., Chel-Guerrero, L., González-Aguilar, G. A., Cuevas-Glory, L.F., Pérez-Pacheco, E. y Moo-Huchin, V.M. (2017). Tropical fruit peel powders as functional ingredients: Evaluation of their bioactive compounds and antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*. 37: 501–506. doi:10.1016/j.jff.2017.08.028.
- [10] Cárdenas, G., Arrazola, G., y Villalba, M. 2015. Frutas tropicales: fuente de compuestos bioactivos naturales en la industria de alimentos. *Ingenium*. 17(33): 29-40.
- [11] Castillo, R., León, J., Angulo, M., Gutiérrez, R., Muy, M., y Basilio, J. 2017. Nutritional and phenolic characterization of *Moringa Oleifera* leaves grown in Sinaloa, México. *Pakistan Journal of Botany*. 49: 161-168.
- [12] Chen, J.P., Tai, C.Y., y Chen, B. H. 2004. Improved liquid chromatographic method of determination of carotenoids in Taiwanese mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Chromatography A*. 1054: 261-268.
- [13] Contreras, N., y Santos, O. 2012. Determinación del análisis bromatológico, proximal, fotoquímico preliminar de los extractos acuosos y etanólicos de inflorescencia de *Calathea allouia* Lindl, frutos de *Bromelia karatas* y flor de *Cucurbita pepo* L. Tesis. Universidad del Salvador Centro América.
- [14] Del Toro, J., Carballo, A., y Rocha, L. 2011. Valoración de las propiedades nutricionales de *Moringa oleifera* en el departamento de Bolívar. *Revista de Ciencias*. 15: 23-30.
- [15] Doménech, G., Durango, A., y Ros, G. 2017. *Moringa oleifera*: Revisión sobre aplicaciones y usos en alimentos. *Archivos latinoamericanos de Nutrición*. 67(2): 86-97.
- [16] Echavarría, A., D'Armas, H., y Benítez, R. 2016. Evaluación de la capacidad antioxidante y metabolitos secundarios de extractos de dieciséis plantas medicinales. *Revista Ciencia UNEMI*. 9(20): 29-35.
- [17] Egea Fernández, J.M., Egea Sánchez, J.M., Egea Sánchez, I., y Rivera Núñez, D. 2015. Cultivos promisorios para enfriar el clima y alimentar al mundo. Murcia: 207
- [18] FAO. 2017. Composición de los alimentos. [Consultado 1 abril 2017]. Disponible en [http:// www.fao.org/nutrition/composicion-alimentos/es/](http://www.fao.org/nutrition/composicion-alimentos/es/)
- [19] FDA. 2009. Apéndice F: Cálculo del porcentaje de valor diario (VD) para los nutrientes.
- [20] Fitriana, W., Ersam, T., Shimizu K., y Fatmawati, S. 2016. Antioxidant activity of *Moringa oleifera* extracts. *Indonesian Journal of Chemistry*. 16(3): 297-301
- [21] Foidl, N., Makkar, H.P.S., y Becker, K. 2001. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. *The miracle tree: The multiple attributes of Moringa*: 45-76.
- [22] González-Laredo, R.F., Rocha-Guzmán, N.E., y Gallegos-Infante, J.A. 2012. Fitoquímicos antioxidantes en alimentos. En: *Antioxidantes en alimentos y salud*. E. Álvarez Parrilla, G.A. González-Aguilar, L.A. de la Rosa y J.F. Ayala Zavala (ed), pp 134. Clave editorial, México.
- [23] Gonzalez-Aguilar, G.A., Kander, A.A. y Toivonen, P.M.A. 2011. Fresh-cut tropical and subtropical fruits products. En: *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical*. Volume 1: Fundamental Issues. E.M. Yahia (ed), pp 381-418. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition
- [24] Gopalakrishnan. L., Doriya, K., y Kumar, D. 2016. *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*. 5(2): 49-56; doi:10.1016/j.fshw.2016.04.001.
- [25] Govardhan Singh, R.S., Negi, P.S., y Radha, C. 2013. Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of free and bound phenolic extracts of *Moringa oleifera* seed flour. *Journal of Functional Foods*. 5(4): 1883–1891. doi:10.1016/j.jff.2013.09.009.

- [26] Gu, Y., Hurst, W.J., Stuart, D.A., y Lambert, J.D. 2011. Inhibition of Key Digestive Enzymes by Cocoa Extracts and Procyanidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59(10): 5305-5311.
- [27] Guevara, J.R., y Rovira, M. 2012. Caracterización de tres extractos de *Moringa oleifera* y evaluación de sus condiciones de infusión en sus características fisicoquímicas. Tesis. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.
- [28] Guzmán, S., y Díaz, V. 2017. Diversidad en la composición fenólica y capacidad antioxidante de colectas de moringa en el estado de Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(7): 1641-1645.
- [29] Hurrell, R., y Egli, I. 2010. Iron bioavailability and dietary reference values. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 91(5): 14615-14675.
- [30] Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). 2012. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Tabla de composición de alimentos de Centro América.
- [31] Jordán, A. y Hoyos, O. 2007. Características fisicoquímicas de dos variedades del fruto del zapote comercializadas en el departamento del Cauca. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*. 5(2): 32-38.
- [32] Jurado, B., Aparcana, I., Villareal, L., Ramos, E., Calixto, M., y Hurtado, P. 2016. Evaluación del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) *Revista de la sociedad Química*. 82(3): 272-279.
- [33] Kotb, D., Shahein, M., Abd, M., y Metwally, M. 2017 Determination of polyphenolic compounds and antioxidant activity of olive leave, moringa leave and marigold petals extracts. *World Journal of Dairy & Food Sciences*. 12(2): 102-107.
- [34] Kuskoski, E., Asuero, A., Troncoso, A., Manzini-Filho, J., y Fett, R. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 25(4): 726-732.
- [35] Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J. y Bertoli, S. 2015. Cultivation, genetic, ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of *Moringa oleifera* leaves: An Overview. *International Journal of Molecular Sciences*. 16: 12791-2835.
- [36] Maksimovic, Z., Malencic, D., y Covacevic, N. 2005. Polyphenol contents and antioxidant activity of *Maydis stigma* extracts. *Bioresource Technology*. 96: 873-877.
- [37] Matos, A., y Chambilla, E. 2010. Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria. *Revista de investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 1(1).
- [38] Mgbemena, N.M., y Obodo, G.A. 2016. Comparative Analysis of Proximate and mineral composition of *Moringa oleifera* root, leave and seed obtained in Okigwe Imo State, Nigeria. *Journal Molecular Studies and Medicine Research*. 1(2): 57-62
- [39] Moo-Huchin, V.M., Estrada-Mota, I., Estrada-León, R., Cuevas-Glory, L., Ortiz-Vázquez, E., Vargas, M. de L. y Sauri-Duch, E. 2014. Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry*: 152, 508–515. doi:10.1016/j.foodchem.2013.12.013.
- [40] Moyo, B., Masika, P., Hugo, A., y Muchenje, V. 2011. Nutritional characterization of *Moringa (Moringa oleifera Lam.)* leaves. *African Journal of Biotechnology*. 10(60): 12925-12933.
- [41] Muñoz, A., Ramos, F., Alvarado, Carlos., y Castañeda, Benjamín. 2007. Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 73(3), 142-149.
- [42] Nascimento, K. O., Reis, I., y Augusta, I. 2017. Total phenolic and antioxidant capacity of flower, leaf and seed of *Moringa oleifera*. *International Journal of Food Nutrition Research*. 1: 1-6.
- [43] Oduro, I. 2008. Nutritional potential of two leafy vegetables: *Moringa oleifera* and *Ipomoea batatas* leaves. *Scientific Research and Essays*. 3(2): 57-60.
- [44] Olson, M.E., y Fahey, J.W. 2011. *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82: 1071-1082.
- [45] Padayachee, B., y Baijnath, H. 2012. An overview of the medicinal importance of *Moringaceae*. *Review Journal of Medicinal Plants Research*. 6: 5831-5839.
- [46] Raghavendra, S., Rajashekar, E., Nagaraj, M.S., Ramesh, C.K., Paramesha, M., y Aditya, R.S.J. 2016. Evaluation of Phytoconstituents, Nutrient Composition and Antioxidant properties in *Moringa oleifera*-Bhagya KDM 01 variety. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*. 9(4): 369-379.
- [47] Rajput, H., Prasad, S.G.M., Srivastava, P., Singh, N., y Morya, S. 2017. Development of fresh *Moringa oleifera* leaf jam and its physico-chemical properties. *Development*. 2(6).
- [48] Rapisarda, P., Fanella, F., y Maccarone, E. 2000. Reliability of Analytical Methods for Determining Anthocyanins in Blood Orange Juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48(6): 2249-2252.
- [49] Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. y Rice Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*. 26: 1231-1237.
- [50] Rivas, B., Leal, I., Loaiza, L., Morillo, Y., y Colina, J. 2017. Phenolic compounds and antioxidant activity in extracts of four *Oregana* species. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*. 40(3): 134-142.
- [51] Sabo-Mohamed, A.K., Long, K., Lai, O.M., Syed-Muhammad, S.K., y Mohd-Ghazali, H. 2007. Frying quality and stability of high-oleic *Moringa oleifera* seed oil in comparison with other vegetable oils. *Food Chemistry*. 105(4): 1382-1389. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.05.013.

- [52] SAGARPA. 2011. Impulso a la producción de moringa en Cintalapa. [Consultado 08 julio 2018]. Disponible en <http://www.sicde.gob.mx/portal/bin38>
- [53] Sainz, T., Drago, M., y López, M. 2006. Componentes bioactivos de los alimentos funcionales de origen vegetal. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas. 37: 58-68.
- [54] Sankhalkar, S., y Vernekar, V. 2016. Quantitative and qualitative analysis of phenolic and flavonoid content in *Moringa oleifera* Lam and *Ocimum tenuiflorum* L. Pharmacognosy Research. 8(1): 16-21.
- [55] Singleton, V.L., y Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture. 16: 144-158.
- [56] Songsak, T., y Bunrathep. S. 2010. Nutrients and minerals content of eleven different samples of *Moringa oleifera* cultivated in Thailand. Journal of Health Research. 24: 123-127.
- [57] Sreelatha, S., y Padma, P. 2009. Antioxidant activity and total phenolic content *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity. Plant Foods for Human Nutrition. 64: 303-311.
- [58] Tadapaneni, R.K., Edirisinghe, I., y Burton-Freeman, B. 2015. High-Pressure Processing, Strawberry Beverages, and Composition of "Bioactives." Processing and Impact on Active Components in Food. 619-627. doi:10.1016/b978-0-12-404699-3.00075-5.
- [59] United States Department of Agriculture (USDA) 2007. National agricultural library. National nutrient database for standard reference. Food and Nutrition Information Center. <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>
- [60] Valares-Masa, C., Sosa-Díaz, T., Alías-Gallego, J., y Chaves-Lobón, N. 2016. Quantitative variation of flavonoids and diterpenes in leaves and stems of *Cistus ladanifer* L. at different ages. Molecules. 21: 275-288.
- [61] Valdez-Solana, M.A., Mejía, V.Y., Téllez, A., García, G., Salas, J., Alba, J.J., y Sierra, E. 2015. Nutritional content and elemental and phytochemical analyses of *Moringa oleifera* grown in Mexico. Journal of Chemistry. 1-9.
- [62] Vargas y Vargas, M. de L., Figueroa Brito, H., Tamayo Cortez, J.A., Toledo López, V.M. y Moo Huchin, V.M. 2019. Aprovechamiento de cáscaras de frutas: análisis nutricional y compuestos bioactivos. CIENCIA ergo-sum. 26(2). doi.org/10.30878/ces.v26n2a6.
- [63] Vats, S., y Gupta, T. 2017. Evaluation of bioactive compounds and antioxidant potential of hydroethanolic extract of *Moringa oleifera* Lam. from Rajasthan. India Physiology and Molecular Biology of Plants. 23(1): 239-248.
- [64] Vázquez-León, L.A., Páramo-Calderón, D.E., Robles-Olvera, V.J., Valdés-Rodríguez, O.A., Pérez-Vázquez, A., García-Alvarado, M.A., y Rodríguez-Jimenes, G.C. 2017. Variation in bioactive compounds and antiradical activity of *Moringa oleifera* leaves: influence of climatic factors, tree age, and soil parameters. European Food Research and Technology. 243(9): 1593-1608. doi:10.1007/s00217-017-2868-4.
- [65] Velasco, C.A. 2006. Enfermedad diarreica persistente. En: Guías sobre gastroenterología, hepatología y nutrición pediátrica. C.A. Velasco (ed), pp 25-30. Centro Editorial catorce, Cali, Colombia.
- [66] Velazquez-Zavala, M., Peón-Escalante. I.E., Zepeda-Bautista, R., Jiménez-Arellanes, M.A. 2016. Moringa (*Moringa oleifera* Lam): usos potenciales en la agricultura, industria y medicina. Revista Chapingo serie horticultura. 22(2). 95-116. doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.07.018.
- [67] Verma, A.R., Vijayakumar, M., Mathela, C.S., y Rao, C.V. 2009. *In vitro* and *in vivo* antioxidant properties of different fractions of *Moringa oleifera* leaves. Food and Chemical Toxicology. 47(9): 2196-2201. doi: 10.1016/j.fct.2009.06.005.
- [68] Xiao, J., Muzashvili, T., y Georgiev, M. 2014. Advances in the biotechnological glycosylation of valuable flavonoids. Biotechnology Advances. 32(6): 1145 - 1156.
- [69] Zozio, S., Pallet, D., y Dornier, M. 2011. Evaluation of anthocyanin stability during storage of a colored drink made from extracts of the Andean blackberry (*Rubus glaucus* Benth.), açai (*Euterpe oleracea* Mart.) and black carrot (*Daucus carota* L.). Fruits. 66(3): 1-12.
- [70] Young, J.E., Zhao, X., Carey, E.E., Welti, R., Yang, S.-S., y Wang, W. 2005. Phytochemical phenolics in organically grown vegetables. Molecular Nutrition & Food Research. 49(12):1136-1142. doi:10.1002/mnfr.200500080.

Correo electrónico autor: acras_99@yahoo.com