Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Aspectos etnobotánicos, funcionales y toxicológicos de *Moringa oleífera*

Ethnobotanical, functional and toxicological aspects of *Moringa oleifera*

Sánchez-González, J.M.[1], Muñiz-Márquez, D.B.[2], Carrillo-Inungaray, M.L.[1], Reyes-Munguía, A.[1], De la Rosa-Hernández, M.[1], Aguilar-Zarate, P.[2], Wong-Paz, J.E.[1]*

[1] Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Estudios Profesionales Zona Huasteca,79060, Cuidad Valles, S. L. P., México.
[2] Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Valles, 79010, Cuidad Valles, S. L. P., México.
joseman_ueldogs@hotmail.com; diana.marquez@tecvalles.mx; maluisa@uaslp.mx; abigail.reyes@uaslp.mx; martina.derosa@uaslp.mx; pedro.aguilar@tecvalles.mx; jorge.wong@uaslp.mx*

Aplicación empresarial e industrial: Nutrientes y micronutrientes benéficos para el hombre y sector agropecuario.

Recibido: 03 noviembre 2021
Aceptado: 14 junio 2022

Abstract

The *Moringa oleifera* tree is used in traditional medicine as a treatment for some diseases due to much bioactive compounds isolated from the plant. Its polyphenols and flavonoids exhibit biological properties such as antioxidants, antimicrobials and anticarcinogenic that are important for pharmaceutical and food industries. This document is an extensive review of the ethnobotanical characteristics of the Moringa tree, emphasizing recent scientific discoveries about its bioactive functionality and the toxicological effect that its consumption entails. Our work aims are to provide the reader with current information of botanical, toxicological characteristics and new trends on recovery of the bioactive compounds of this medicinal tree.

Keywords: *Moringa oleífera*; Traditional medicine; Polyphenols; Flavonoids; Toxicity.

Resumen

El árbol de *Moringa oleífera* es usado ampliamente en la medicina tradicional como tratamiento de diversas enfermedades debido a la gran cantidad de compuestos biactivos aislados de la planta. Sus polifenoles y flavonoides exhiben propiedades biológicas como las antioxidantes, antimicrobianas y anticancerígenas importantes para la industria farmacéutica y alimentaria. La siguiente obra es una revisión extensa sobre las características etnobotánicas del árbol de la Moringa y recientes descubrimientos científicos sobre su funcionalidad bioactiva y el efecto toxicológico que conlleva su consumo. Nuestro objetivo es proporcionar al lector información actual sobre las características botánicas, toxicológicas y nuevas tendencias en la recuperación de los componentes bioactivos de este árbol medicinal.

Palabras clave: *Moringa oleífera*; Medicina-tradicional; polifenoles; flavonoides; toxicidad.

1. Introducción

El árbol de Moringa (*Moringa oleífera*) es reconocido en la medicina tradicional por sus valiosas propiedades medicinales que favorecen la salud humana (Gopalakrishnan *et al.,* 2016). Actualmente se tiene registro de su elevado contenido en vitaminas y minerales, tales como el hierro, vitamina A y C, así como diversidad de carotenoides (Saini, Sivanesan, & Keum, 2016). El árbol en general también es rico en polifenoles, como la quercetina, cuya actividad comprobada permite que actúe como un antioxidante y antiinflamatorio natural (Kou *et al*., 2018). Debido a su alto contenido en nutrientes y micronutrientes se ha vuelto popular para el tratamiento y prevención de enfermedades coronarias, metabólicas e inmunológicas beneficiando al hombre y hasta la salud animal (Islam *et al*., 2021). Algunos compuestos bioactivos descritos en hojas, flores, semillas y tallo son polifenoles y flavonoides que exhiben propiedades biológicas importantes como las antimicrobianas, antioxidantes e inclusive anticancerígenas aplicables en la industria farmacéutica y alimentaria (Ali-Redha *et al.,* 2021). Sin embargo, a pesar de su uso medicinal, las características etnobotánicas para su cultivo y aprovechamiento como recurso vegetal en ganadería y medicina tradicional aun suele ser escaso. Así mismo, los efectos toxicológicos que conllevan las diferentes formas en las que se consume este árbol no están estudiados en su totalidad, por lo que podría ocasionar consecuencias a largo plazo cuando se supera los valores de ingesta diaria establecida para vitaminas, minerales y otros compuestos presentes en esta (Sola *et al.,* 2017). Por lo tanto, la siguiente obra es una revisión extensa que tiene como objetivo proporcionar al lector información actual sobre las características botánicas, toxicológicas y nuevas tendencias en la recuperación de los componentes bioactivos de este árbol medicinal.

2. Materiales y métodos

La siguiente obra fue realizada a partir de una investigación documentada en base a la búsqueda y recolección de información actual relacionada con los aspectos etnobotánicos, funcionales y toxicológicos de *Moringa oleífera.* Para esto, se consultaron aquellas bases de datos en línea de carácter científico, confiable y con reconocimiento nacional e internacional. Estas plataformas fueron PubMed, Science Direct, Springer, Plant variety database, Google Scholar y revistas indexadas a Scopus en el periodo de 2019-2022. Durante la búsqueda se aplicaron palabras clave relacionadas con *Moringa*

oleífera, etnobotánica, compuestos bioctivos, extractos, métodos de extracción, hojas, vaina, semilla, tallo, polifenoles, flavonoides, taninos, antioxidantes, nutrientes, anti nutrientes, propiedades biológicas, evaluación toxicológica, entre otros. La selección se determinó en base al título del trabajo y los resúmenes correspondientes, eligiendo los ejemplares más rigurosos y de calidad en contenido de publicación. Se analizaron específicamente el objetivo de estudio, metodologías, resultados y discusión. Finalmente, se estructuro el contenido de este documento presentando título, introducción, método de búsqueda (materiales y métodos), los resultados y conclusión.

3. Generalidades

El árbol de "Moringa", pertenece a la familia *Moringaceae* que comprende alrededor de 13 especies de árboles que crecen en climas tropicales y subtropicales; dentro de estas especies, la de uso más popular ha sido el árbol de *Moringa oleífera*, cuyas características botánicas apreciables a simple vista se muestran en la figura 1. La planta de *Moringa oleífera* es originaria de la India, y su reconocimiento tradicional en la medicina alternativa le ha dado la denominación de "árbol milagroso" debido a sus propiedades biológicas (Abdeen *et al*., 2021; Ali Redha *et al.*, 2021). Entre sus aplicaciones de uso se encuentran como tipo de forraje, complemento alimenticio (Ventura *et al*., 2021), además, es una fuente natural de metabolitos que son de interés para la industria farmacéutica y alimentaria, por lo que ha sido utilizada en la medicina tradicional para el tratamiento de más de 300 enfermedades, como hipercolesterolemia, diabetes, asma, artritis, hipertensión, diarrea e inclusive el cáncer (Bhalla *et al.*, 2021; Ventura *et al.*, 2021). Aunado a lo anterior, *Moringa oleífera* es considerada una planta rica en nutrientes, por lo que su uso también ha sido objeto de estudio para solventar problemas como la desnutrición, la escasa producción de leche, aumento de peso, entre otros (Abdeen *et al*., 2021; Ali Redha *et al.*, 2021).

En cuanto a composición, se ha demostrado que la Moringa contiene altas cantidades de proteínas, carbohidratos, ácidos grasos, vitaminas (A, ácido fólico, B_3, B_6, C, D y E), minerales (K, Mg, Fe, Zn, Cu y Ca), fibra, y algunos metabolitos secundarios importantes como esteroles, terpenoides, carotenoides, polifenoles y péptidos bioactivos (Tabla 1) (Ali Redha *et al.*, 2021; El-Shehawi *et al.*, 2021). Además de su valor nutritivo, las hojas son ricas en antioxidantes importantes como el ácido gálico, ácido cafeico, kaempferol, vicentin-2 y quercetina (Giuberti *et al.*, 2021). Las hojas de Moringa (figura 1a) se distribuyen en ramas colgantes quebradizas, son de color verde claro, corrugadas y tripinnadas, las cuales están compuestas de isotiocianatos únicos y ácido oleico, que es el ácido graso más destacado del aceite de Moringa (Ali Redha *et al.*, 2021; Ventura *et al.*, 2021). Además, una ventaja de esta planta en comparación con otras usadas en la medicina alternativa o como alimento, es que sus concentraciones de factores anti-nutricionales, como algunos inhibidores de proteasas, taninos, saponinas, lecitinas y fitatos contenidas en hojas son despreciables (Cuevas-Rodríguez *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2019). En cuanto al resto de las estructuras de la planta, flores (Fig.1b), tallos (Fig. 1c), y semillas (Fig. 1e), también ha sido de utilidad en el ámbito nutricional como medicinal (Saini, Sivanesan, & Keum, 2016). Por ejemplo, una aplicación del uso de las semillas de Moringa es como floculante natural en la purificación de agua, o para la obtención de aceite vegetal comestible y lubricante de altísima calidad (Oyeyinka & Oyeyinka, 2018; Ventura *et al.*, 2021).

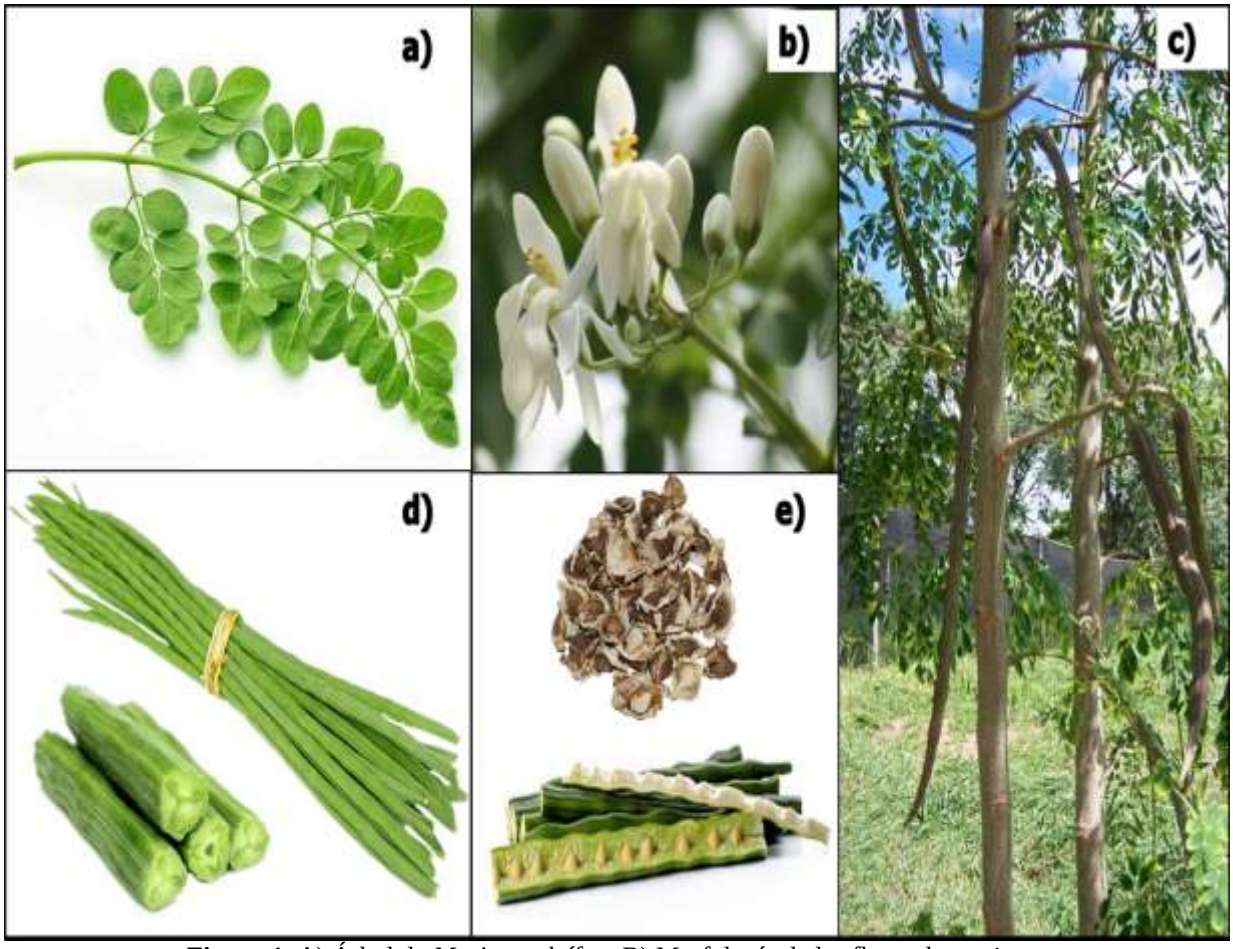


Figura 1. A) Árbol de *Moringa oleífera* B) Morfología de las flores de moringa.
Fuente: Elaboración propia.

Las vainas (Fig.1d), son utilizadas en la alimentación humana, como forraje para ganado y fertilizante, ya que poseen propiedades medicinales en casi toda la planta (Brilhante *et al.*, 2017; Oyeyinka & Oyeyinka, 2018). Por otra parte, el conocimiento que se tiene hasta el momento sobre las características funcionales del árbol, así cono su divulgación en beneficio a la salud no ha ocurrido en su totalidad, por los que la población que lo usa sigue aun sin tener un conocimiento adecuado de los compuestos presentes en la planta y el posible efecto benéfico o toxicológico de los mismos.

A continuación, se hace una revisión exhaustiva de los principales trabajos científicos enfocados en el estudio de extractos obtenidos de las hojas de *Moringa oleífera*, para sustenta y explicar algunas de las propiedades farmacológicas y toxicológicas que involucran la aplicación de la planta de Moringa en la medicina tradicional.

Tabla 1. Valores nutricionales cuantificados por cada 100 g de material vegetal obtenido de diferentes partes del árbol de *Moringa oleífera*.

Componente	Hoja fresca	Hoja seca	Raíz	Semillas
Proteínas (g)	5.5-9.4	29.4	16.9	36
Carbohidratos (g)	8.6-13.4	41.2	14.9	8.7
Lípidos (g)	1.4-2.1	5.2	10.8	38.7
Humedad (%)	75-80	4.8-7.5	-	-
Fibra (g)	0.9	12.5	45.4	2.9
Calcio (g)	0.4	2185	28.6	751.7
Fósforo (g)	0.07	252	-	635
Potasio (g)	0.3	1236	86	75
Sodio (g)	0.02	-	-	-
Hierro (g)	0.01	25.6	0.5	5.2
Magnesio (g)	0.02	448	4.4	45
Zinc (g)	0.03	-	-	-
Vitamina C (mg)	220	15.8	-	4.5
Vitamina A (mg)	7	17-92	-	-
Vitamina B1 (mg)	0.2	2.0	-	0.05
Vitamina B2 (mg)	0.05	21.3	-	0.06

Adaptado y modificado de (Dhakad *et al.,* 2019; Trigo *et al.,* 2020).

4. Aspectos botánicos de la moringa

Entre las características principales del árbol, se encuentra la rápida velocidad de crecimiento, la poca exigencia de suelos ricos en nutrientes, su adaptabilidad y resistencia a largos períodos de sequía, creciendo mejor en condiciones áridas y semiáridas (FAO, 2021; González-Burgos *et al.,* 2021). Es una de esas especies de árboles más resistentes como los de hoja perenne, Cedro (*Cedrus deodara*) o el Algarrobo (*Prosopis flexuosa*), que requieren poca atención hortícola y que además crece rápidamente, alcanzando hasta cuatro metros de altura en un año y posteriormente llega a medir hasta 12 m (Tiloke *et al.,* 2018). La familia *Moringaceae*, ahora forma parte del orden de los *Brassicales*, se distingue por tener hojas pinnadas grandes de hasta 60 cm de longitud, donde cada hoja está dividida en varios folíolos dispuestos sobre una armazón llamada raquis (López García, 2016; Trigo *et al*., 2020). Los frutos, suelen ser una cápsula larga y leñosa de 10-50 cm, la cual es abierta en 3 valvas que se separan una vez alcanzada la madurez, quedando pegadas solo en la base del fruto. Una vez abierto el fruto, es posible observar sus semillas de color café obscuro, las cuales poseen 3 alas longitudinales color beige en la mayoría de las especies (Saa *et al.,* 2019). Una característica única de esta familia son sus glándulas foliares de 1 mm de longitud las cuales se encuentran a ambos lados flanqueando la base o en el ápice del pecíolo y en la mayoría de las articulaciones del raquis (Figura 2) (Saa *et al.,* 2019; Trigo *et al.,* 2020). Otra característica única de la familia incluye el estilo hueco y las anteras con 2 esporangios o cámaras para el polen en vez de 4 que suelen presentar las plantas con flor (Trigo *et al.,* 2020).

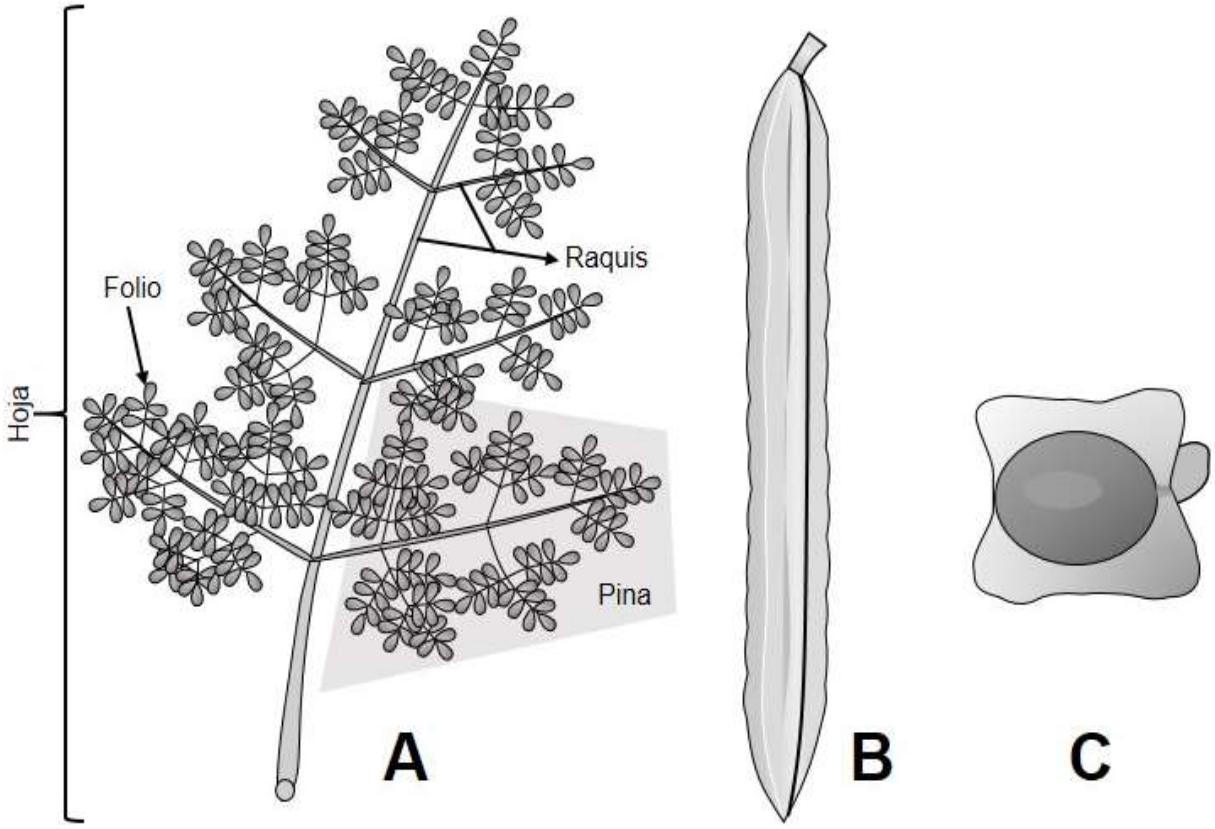


Figura 2. Partes anatómicas del árbol de *Moringa*. Hoja (A), fruto (B) y semilla (C).
Modificada de Olson y Fahey (2011).

5. Distribución geográfica

La *Moringa oleífera* es originaria del Subcontinente Indio, crece cerca de las montañas del Himalaya, desde el noroeste de Pakistán hasta el norte de la India (Alvarado Ramírez *et al*., 2020; Dhakad *et al*., 2019). Actualmente está ampliamente distribuida por los trópicos donde ha sido introducida por su carácter ornamental, principalmente en Afganistán, Bangladesh, Pakistán, sudeste asiático, Sri Lanka, África, Asia Occidental, Península Arábica, África del Este y del Oeste y en las Américas, desde México hasta Perú, Islas del Caribe, Paraguay y Brasil. Muy recientemente este árbol está captando una enorme atención y su cultivo se está generalizando con rapidez (al Dayel & el Sherif, 2021; Giuberti *et al.*, 2021).

En México, el árbol de Moringa ya pertenece a la horticultura tradicional desde hace mucho tiempo, siendo utilizada con fines ornamentales. Esta planta se suele encontrar abundantemente en los pueblos de toda la costa del pacífico, desde el sur de Sonora hasta Chiapas, incluyendo el sur de la península de Baja California (UNAM, 2020; Valdés-Rodríguez, 2019). En 2017, de acuerdo con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2018), Michoacán fue el principal productor de Moringa con 98.7% del volumen total, el 90% proveniente del municipio de Huetamo de Núñez. Así mismo, ejemplares de Moringa son especialmente abundantes y frondosos en las llanuras caliente del istmo de Tehuantepec, pero también son cultivados en los poblados de las depresiones tropicales secas del país, como las Balsas y la depresión central de Chiapas (Alvarado Ramírez et al., 2020).

6. Propiedades farmacológicas

La Moringa posee múltiples propiedades farmacológicas de interés, características que les son conferidas gracias a la gamma de compuestos bioactivos que forman parte de su composición química, de los cuales se dará una descripción detallada en la siguiente sección. Entre los usos medicinales atribuidos a la ingesta de dicha planta, como las hojas, frutos, raíces y semillas, esta su utilidad para combatir problemas de anemia, ansiedad, asma, ataques de parálisis, bronquitis, catarro, cólera, congestión del pecho, conjuntivitis, deficiencia de esperma, déficit de leche en madres lactantes, diabetes, diarrea, disfunción eréctil, dolor en las articulaciones, dolores de cabeza, dolor de garganta, escorbuto, esguince, espinillas, falta de deseo sexual femenino, fiebre, gonorrea, hinchazón glandular, hipertensión arterial, infecciones cutáneas, llagas, malaria, otitis, parasitismo intestinal, picaduras venenosas, problemas de la vejiga y la próstata, psoriasis, trastornos respiratorios, tos, tuberculosis, tumores abdominales, úlceras, entre otras (Figura 3) (al Dayel & el Sherif, 2021; Avilés-Gaxiola *et al*., 2021; Dhakad *et al*., 2019; FAO, 2021; Novoa & Marrero, 2021). Sin embargo, estas propiedades biológicas podrían ser atribuidas a la composición y estructura de los compuestos fitoquímicos o a macromoléculas presentes en todas las partes de la planta. Por lo tanto, en la Tabla 1 se muestra el contenido nutrimental de la *Moringa Oleífera*, en donde se puede apreciar que esta planta es rica en compuestos de valor nutricional.

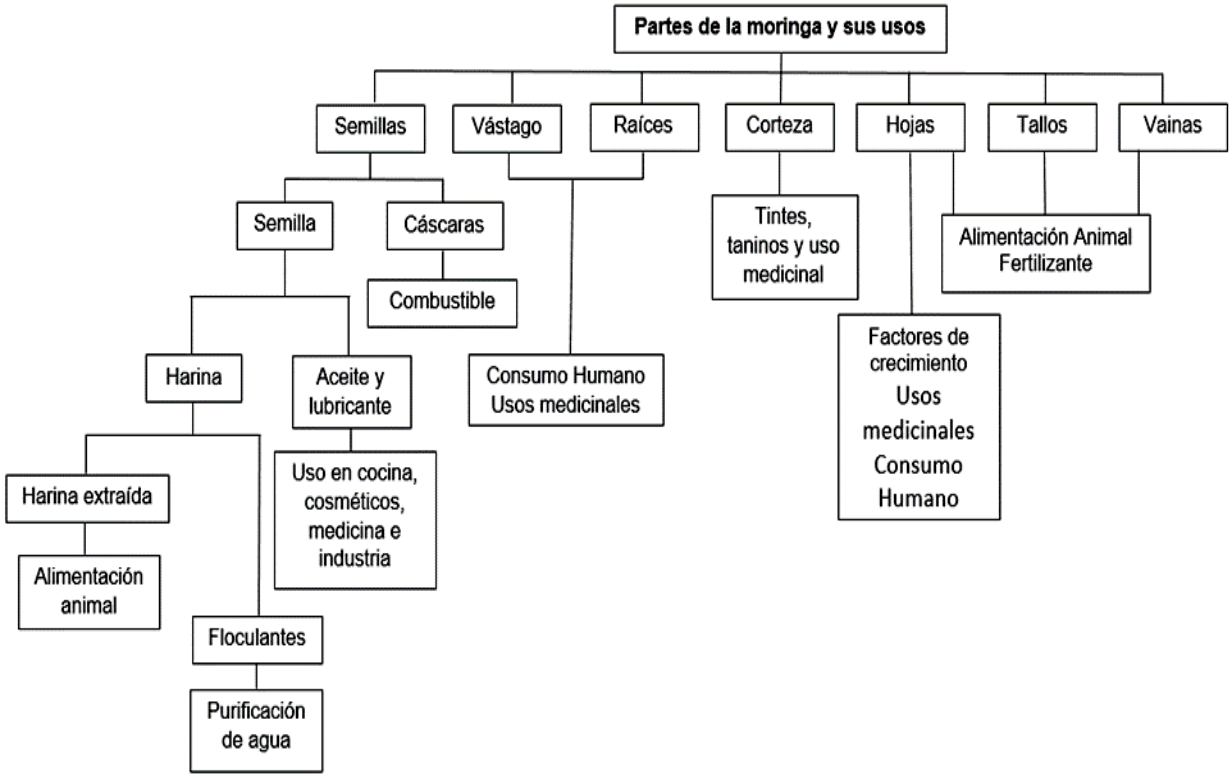


Figura 3. Principales aplicaciones de la moringa.
Elaboración propia.

La comprobación de algunas de estas propiedades benéficas de *Moringa oleifera* se ha realizado mediante estudios científicos. La actividad biológica más importante es la anti-obesidad proporcionada por la isoquercetina, quercetina-3-*O*-maloniglucosído y astragalina. Los flavonoides, glucósidos y glucosinolatos son los responsables de las

actividades antioxidantes, anticancerígenas, antidiabéticas, antinflamatorias, antialérgicas, antiulcerosas, antiepilépticos, inmunoestimuladoras y antipiréticos (Ali Redha et al., 2021; El-Shehawi et al., 2021). Además, también se ha estudiado la efectividad de 14 péptidos bioactivos de Moringa que actúan en la modulación de las enzimas cardiacas encargadas de la peroxidación lipídica previniendo el daño cardíaco (Avilés-Gaxiola *et al.,* 2021). Un estudio reciente indico las propiedades bioactivas de 12 metabolitos encontrados, siendo el Ác. heptadecanoico, Ác. hexadecanoico, Dl- alfa.-tocoferol, el Ác. 11, 14, 17-eicosatrienoico y el 9, 12, 15-octadecatrienal responsables de actividades citoprotectoras, vasoprotectoras y cardioprotectoras al disminuir las convulsiones inducidas por medicamentos como la penicilina, incrementando los niveles de serotonina y reduciendo los de dopamina, lo que contribuye a la inhibición del proceso inflamatorio (Aju *et al.,* 2019; Rosdy *et al.,* 2021).

Los estudios *in vitro* han demostrado que los compuestos presentes en la semilla de *Moringa oleífera,* como son nitrilos, glucosinolatos, glicosídicos, isotiocianatos, carbamatos y tiocarbamatos son responsables de la actividad antioxidante (Sohaib *et al.,* 2021; Tiloke et al., 2018). Especialmente, los glucosinolatos aislados de la hoja de *Moringa*, como la D-alosa, el ácido hexadeconoico, el eugenol y el isotiocianato de isopropilo inhiben la variabilidad celular del carcinoma hepatocelular, leucemia linfoblástica aguda y mieloide (Tiloke *et al.,* 2018). Por otro lado, algunos fitonutrientes como la luteína, zeaxantina y clorofila, contribuyen a la detoxificación del cuerpo, aumentan el sistema inmunológico y ayudan a la proliferación de glóbulos rojos amortiguando el impacto de estrés oxidativo para prevenir las enfermedades asociadas al daño celular por algunas especies Reactivas de Oxígeno (ROS) (Agunbiade *et al.,* 2021; Aju *et al.,* 2019). Como sucede en el caso del Alzheimer, la arteriosclerosis, isquemia, cáncer, cataratas o cuadros inflamatorios crónicos (Asgari-Kafrani *et al.,* 2020; Sohaib *et al.,* 2021).

Otro fitonutriente importante, es la vitamina E, sustancia antioxidante constituida por tocoferoles, la cual se encuentra en toda la planta en diferentes concentraciones según la edad y localización, siendo el α-tocoferol el constituyente más activo y abundante en *Moringa Oleífera*. El mecanismo de acción de los tocoferoles involucra la detección de reacciones en cadena del proceso de lipoperoxidación por radicales libres en las membranas celulares y subcelulares ricas en lípidos poliinsaturados (metabolismo de los peróxidos) antes de que puedan causar cualquier daño manteniendo el estado redox intracelular (Agunbiade *et al.,* 2021; Gharsallah *et al.,* 2021).

Otra vitamina importante contenida en las hojas de Moringa es la vitamina C, la cual tiene rol importante en la síntesis de colágeno, impidiendo el sangrado gingival y la equimosis, características de escorbuto. Por otro lado, puede actuar como un agente de barrido de radicales libres, aumenta la absorción de hierro en el cuerpo e indirectamente regenerar vitamina E (Sultana, 2020). El sinergismo de estas dos vitaminas ha atraído el interés como agentes que pueden retardar la arterosclerosis mediante la reducción de la oxidación de la lipoproteína de baja densidad y por lo tanto limitar o incluso prevenir lesiones de las células endoteliales vasculares. La vitamina A es importante para la visión normal en la penumbra, la reproducción, el crecimiento y el desarrollo embrionario, para la diferenciación celular, la proliferación celular y la apoptosis, el mantenimiento de tejido epitelial, la función cerebral y para la resistencia del huésped contra infecciones al

aumentar la función inmunitaria (Tiloke *et al.*, 2018).

7. Principales fitoquímicos

La presencia de importantes fitoquímicos en las hojas de *Moringa oleífera* le confieren una alta actividad antioxidante, atribuida a su elevado contenido de polifenoles totales (Figura 4), los cuales son vinculados como principales responsables de sus propiedades curativas de la planta (Giuberti *et al.*, 2021). Entre la gran variedad de compuestos antioxidantes exógenos destacan la quercetina, kaempferol, β-sitosterol, ácido cafeilquínico, zeatina, ácido ascórbico, fenoles, carotenoides, luteína, zeaxantina, clorofila, vitaminas A, C, E y K y el complejo B; los cuales se encuentran principalmente contenidos en las hojas (Bhalla *et al.*, 2021; González-Burgos *et al.*, 2021; Gopalakrishnan *et al.*, 2016; Hernández-Aguilar *et al.*, 2021). Además, en las semillas y las hojas se encuentra principalmente glucosinolatos de 4-O- (α-L-ramnopiranosiloxi) -bencilo, incluida la glucomoringina (GMG) (Cuellar-Núñez *et al.*, 2020).

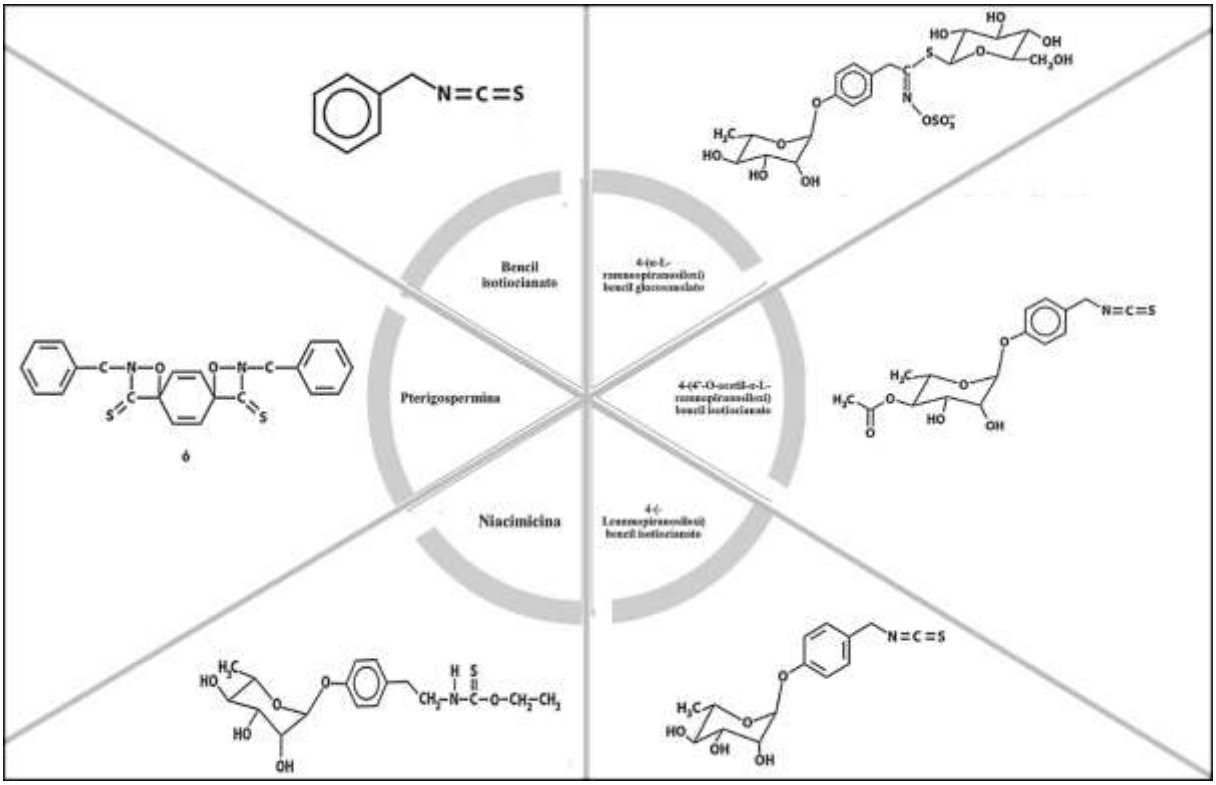


Figura 4. Estructuras fitoquímicas importantes en las especies del árbol de *Moringa oleífera*. Adaptado de Olson y Fahey (2011).

En la realización de otros estudios enfocados a extractos metanólicos de hojas de *Moringa oleífera* por cromatografía en HPLC-UV se demostró que los flavonoides eran los principales compuestos fenólicos. Entre los compuestos específicos mayoritarios se logró identificar en todas las muestras analizadas la quercetina-3-O-glucósido, la quercetina-3-O-(6 "-malonil) glucósido, la quercetina-3-O-(X"-malonil) glucósido, kaempferol-3-O-glucósido, y kaempferol-3-O-malonilglucosido; lo anterior de acuerdo con reportes anteriores (Duranti *et al.*, 2021; Förster *et al.*, 2015; Lin *et al.*, 2021).

Otros compuestos detectados fueron flavonoides glicosilados, diglucósidos, moléculas como, apigenina-C-glucósido, apigenina-O-glucósido, glucosinolatos, dicoumaroil putrescina, y di espermidina (dihidrocaffeoil) y hexadecilferulato como flavonoide (Leone *et al*., 2015). Los esteroles que predominan en el aceite de las semillas son campesterol, estigmasterol, β-sitosterol y δ5-avenasterol (Özcan *et al*., 2019). Recientemente, (Avilés-Gaxiola *et al.,* 2021) identificaron 14 secuencias nuevas de péptidos bioactivos en las hojas de Moringa con potencial para actividades antioxidantes y antiinflamatorias. (Ghosh *et al.,* 2021) identificaron un trifatiglicérido hidratado de forma natural que presenta estructura plegada y regiones hidrofílicas e hidrofóbicas en sistema biológico, destacando relevancia terapéutica en el cáncer de ovario.

8. Aspecto toxicológicos de *Moringa oleífera*

Moringa oleífera ha sido consumida por el hombre durante siglos por sus múltiples propiedades benéficas para el organismo, en los que se reporta que es relativamente segura para el consumo humano (Stohs & Hartman, 2015). Sin embargo, se han identificado como principios tóxicos el benzil, ácido moríngico y ácido cianhídrico (Benitez *et al.,* 2016). Así como derivados del ácido gálico y del catecol, esteroides, antraquinonas, azúcares reducidas, sitosterol, alcaloides como la moringina y moringinína, así como antibióticos como el pterygosperma, athomine y spirochinalgunos (González Minero, 2018; Paul & Didia, 2012). En base a lo anterior, en algunas investigaciones se considera que el uso indiscriminado de este árbol puede llegar a ser nocivo cuando su consumo es prolongado en dosis determinadas por automedicación.

Por lo tanto, se ha optado por realizar estudios en los cuales se evalúen la toxicidad crónica de todas las partes de *Moringa oleífera*, principalmente en roedores. No se han identificado todos los componentes responsables de las reacciones tóxicas, pero si se mostrado que los efectos aparecen de forma proporcional al aumento de las dosis y tiempo de consumo (Canett-Romero *et al*., 2014; Leone *et al.,* 2015; Nelly *et al.,* 2017).

A continuación, se presentan algunos de los escasos estudios científicos realizados referentes a la toxicidad de las diversas partes anatómicas de *Moringa oleífera*:

a) Efectos toxicológicos reportados de la corteza.

La corteza ha sido reportada que produce úlceras y pápulas peligrosas en zonas sensibles como ojos, la piel del rostro y la tráquea (Canett *et al*., 2014). También se ha comprobado que su corteza tiene efectos abortivos y puede provocar violentas contracciones uterinas que inducen a la pérdida del feto (Canett-Romero *et al.*, 2014; González Minero, 2018). Otro hecho comprobado es que al que administrar una dosis oral 15 g de un extracto acuoso conlleva a la aparición de cambios metaplásicos en el epitelio con marcada queratinización, seguido de un engrosamiento del lumen, aumento de progesterona y disminución de estrógenos, características atribuidas a la aparición de miomas o fibromas benignos en el útero (Canett *et al*., 2014). Dichas propiedades anticonceptivas pueden explicarse debido a un aumento de concentración o actividad en glucógeno, proteínas, colesterol, fosfatasas ácidas y alcalinas, así como cambios histológicos observados durante los primeros días del embarazo, mismos que son atribuidos al bencil isotiocianato y moringinína, cuyo mecanismo de acción se cree está relacionado con un receptor de hormona folículo estimulante (FSH) (Paul y Didia, 2012). Otros efectos del bencil isotiocianato, es que induce apoptosis en células cancerígenas de ovarios, posee efectos bactericidas sobre

Bacillus subtillis y *Micobacterium pheli* y reduce la hiperglicemia, mediante la reducción de los niveles de ácidos grasos (Benitez *et al.*, 2016; Paul & Didia, 2012). En la corteza de la raíz se encuentran β-sistosterol, glucósidos cianogénicos y trazas de alcaloides (moringina y moringinína), compuestos que estimulan el corazón, relajan los bronquiolos y el músculo liso, aumentando de esta forma la presión arterial por vasoconstricción y estimulan el sistema nervioso central de la misma forma que la dietilamida del ácido lisérgico (LSD) (Benitez *et al*., 2016; Canett-Romero *et al*., 2014).

b) Efectos toxicológicos reportados de la raíz.

La raíz puede tener un potencial tóxico si se consume en altas cantidades, esto debido a la presencia de un alcaloide denominado espiroquina, el cual presenta una acción directa sobre el miocardio, capaz de provocar taquicardia a una dosis de 35 mg/kg pc (Benítez *et al.*, 2016; Paul & Didia, 2012). Además, afecta al Sistema Nervioso Central al paralizar al nervio vago, causa daños en la función renal con dosis periódicas superiores a 46 mg/kg pc (Asare *et al*., 2012; Benitez *et al.*, 2016; Paul & Didia, 2012). Sin embargo, la espiroquina es un eficaz profiláctico y antiséptico contra infecciones por bacterias Gram-positivas, especialmente para *Staphylococcus* y *Streptococcus*, al ser administrado en heridas (Asare *et al.*, 2012). En ratones la Dosis Letal 50 (DL50) y dosis tóxica más baja del extracto de la raíz (500 y 184 mg/Kg pc respectivamente), administradas por vía parental ocasionan cambios en los factores de coagulación, composición del suero (proteína total, bilirrubina y colesterol), inhibición enzimática e inducción o alteración en las concentraciones de otras transferasas en sangre o tejido (Paul & Didia, 2012). También Nelly *et al*. (2017) evaluaron la toxicidad aguda oral de raíz, tallo y hojas de Moringa en ratas wistar hembras y a dosis de 2000 mg/kg no se presentaron signos o síntomas de toxicidad ni muerte durante la experimentación.

c) Efectos toxicológicos reportados de las semillas.

Las semillas tostadas de *Moringa oleífera* tienen un cierto grado de genotoxicidad, debido a que contienen mutágenos potenciales como 4-(α-lramnopiranosiloxi)-bencilglucosinolato, que aumentan la proporción de eritroblastos policromatofílicos micronucleados en ratones blancos y glucósidos cianogénicos con habilidad para causar cambios en los marcadores de peso (Asare *et al.*, 2012; Benitez *et al.*, 2016; Oluwaniyi & Obi, 2018). Silva *et al*. (2018) mencionan que las moléculas de glucósidos por si mismas no son tóxicas, pero sí el grupo orgánico CN- es que es liberado por hidrólisis enzimática actuando como potente inhibidor de la cadena respiratoria. Un estudio realizado, determinó la toxicidad del extracto acuoso de semillas de *Moringa oleifera* sobre *Oreochromis niloticus* crías y adultos, encontrando que una concentración de 252-242 mg/L resulta tóxica para las crías y una concentración de 351-332 mg/L resulta tóxica para los adultos (Ayotunde *et al*., 2011). Otras afecciones relacionadas con la semilla y sus extractos son la inducción de hemaglutinación, disminución del apetito, alteración de patrones de crecimiento, distensión abdominal, atrofia de hígado, páncreas y riñones (similar a la causada por el extracto acuoso de raíces), además de hipertrofia de bazo y timo (Canett-Romero *et al.*, 2014). Adicionalmente, las semillas presentan oxalatos y fitatos que forman complejos con proteínas estructurales disminuyendo la solubilidad de las proteínas, digestibilidad proteolítica y actividad enzimática (Oluwaniyi & Obi, 2018).

d) Efectos toxicológicos reportados de las Hojas.

Entre las diversas partes anatómicas de *Moringa oleifera*, las hojas son consideradas las que representan el menor riesgo de consumo para la salud. Las hojas prácticamente no contienen taninos, sin embargo, debido a su contenido de fitatos de 3.1% al unirse a metales divalentes y trivalentes, como Zn y Mg, reducen su biodisponibilidad (Oluwaniyi & Obi, 2018). Una evaluación en ratas acerca de la seguridad del extracto acuoso de las hojas de *Moringa oleifera*, demostró que aun administrando una dosis de 2000 mg/kg pc no existe mortalidad, sólo una ligera pérdida de atención, que era recuperada en corto tiempo (Canett-Romero *et al.,* 2014). Otra investigación determinó que una dosis de 3000 mg/kg pc tampoco es mortal, observándose únicamente disminución en los niveles de albúmina (Asare *et al.,* 2012). Por otro lado, una tercera investigación apunta a una baja toxicidad en las hojas, con una DL50 para el extracto en etanol de 17.8 g/kg pc y 15.9 g/kg pc para el extracto acuoso *(Awodele et a*l., 2012; Kasolo *et a*l., 2012). Otro caso de estudio publicado es el síndrome de Stevens-Johnson (SJS) adquirido después del consumo de hojas de Moringa (Witharana *et al.,* 2018), también está el caso del desarrollo de toxicodermia por consumir Moringa en polvo añadida a ensaladas (Sagrera *et al.,* 2021).

9. Métodos de extracción convencionales en *Moringa oleífera* y nuevas tendencias

Se han utilizado y evaluado diversas técnicas de extracción en la recuperación de metabolitos secundarios de *Moringa oleífera*, siendo la más común la extracción con disolventes. Por lo tanto, se han empleado diversas como la maceración, destilación, extracción Soxhlet y la hidrodestilación como métodos convencionales de extracción de moléculas bioactivas (Duarte-Trujillo *et al*., 2020). En todas las anteriores se usan disolventes como el metanol, etanol, agua caliente y soluciones tampón (Adedapo *et al.,* 2020; Adeyemi *et al*., 2021). Otros métodos también convencionales de menos uso han sido la extracción por compresión, decocción y percolación. Sin embargo, debido a la toxicidad de la mayoría de los solventes orgánicos, en especial el hexano y metanol se ha buscado desarrollar nuevas técnicas de extracción que sean amigables con el ambiente y la salud de las personas (Gharsallah *et al.,* 2021).

Por ejemplo, Nishant, Pratibha & Pareek (2021) realizaron una extracción de compuestos bioactivos de Moringa usando la técnica de extracción asistida por ultrasonido, a partir de extractos acuosos/glicerinosos de las hojas, los cuales mostraron alto contenido de fenoles y flavonoides. La maceración también favorece en la recuperación de extractos ricos en compuestos provenientes de hojas de *Moringa oleífera*, los cuales mostraron poseer una alta actividad antimicrobiana contra bacterias grampositivas y gramnegativas, además de actividad antifúngica contra algunos hongos, hasta efecto quimioprotector sobre células cancerosas de carcinoma hepatocelular (HepG2) y carcinoma de mama (MCF-7) cuando se agregaron los extractos al medio celular (Mansour, *et al*., 2019).

La extracción por prensado en frío también ha sido un método eficaz en la obtención de moléculas antioxidantes de la semilla de *Moringa*, donde se incluyen variedad de tocoferoles extraídos casi en su totalidad usando solventes, en particular n-hexano (Leone *et al*., 2016). Así mismo Alam *et al.* (2020) demostraron la efectividad del método de extracción Soxhlet usando solventes orgánicos, esta técnica permitió la obtención de moléculas valiosas con de una mezcla de semilla y hojas de Moringa, las cuales presentaron actividad biológica

antimicrobiana y biorremediador de aguas residuales.

Sin embargo, a pesar de que algunos métodos sean efectivos en la extracción, cuando se trabaja en la obtención de metabolitos de una planta, se debe de tener en cuenta que el proceso depende de varios factores tanto físicos, químicos y biológicos. Por lo que se recomienda seleccionar el método de extracción de acuerdo al material vegetal y definir las variables involucradas en el proceso de extracción, como son el disolvente a utilizar, el tiempo de extracción, temperaturas, cantidad de muestra, tamaño de partícula, etc., que repercutirán directamente en la calidad y cantidad de componentes bioactivos (Skaf *et al.,* 2021; Nuapia *et al.,* 2020). Además, también la naturaleza de la matriz de la muestra afecta sustancialmente la eficiencia de la extracción (Hamed *et al*., 2019).

Existen algunos métodos alternativos que podrían mejorar los rendimientos de moléculas de interés provenientes de plantas, por ejemplo Lin *et al.* (2021) compararon la extracción ultrasónica optimizada (OUAE), extracción asistida por microondas (MAE), extracción asistida por agitación (SAE) y extracción asistida por Soxhlet de materiales vegetales. En sus resultados, la OUAE exhibió mayor contenido total de flavonoides con actividad antioxidante. También están los métodos menos frecuentes como el prensado en frío (CP) y extracción con agua caliente a presión menos utilizados debido a los rendimientos inferiores obtenidos (Nuapia *et al.,* 2020; Özcan *et al.,* 2019). Actualmente los métodos de extracción de compuestos bioactivos usando microrganismos como la fermentación sólida y líquida han sido alternativas viables sustentables que evitan el uso excesivo de solventes, pero se adaptan al material vegetal que se usa como sustrato.

10. Aplicación de los compuestos bioactivos de *Moringa oleífera* en alimentos

Actualmente una amplia variedad de vegetales y plantas son altamente apreciados por su capacidad en producir metabolitos secundarios con potencial terapéutico y bioactivo, aunado a su alto contenido en vitaminas y minerales (Sohaib *et al.,* 2021). Por ejemplo, *Moringa oleífera* además de aportar nutrientes, contienen una serie de sustancias no nutritivas que participan en su metabolismo secundario de la planta, siendo principalmente pigmentos y moléculas aromáticas antioxidantes, reguladores del crecimiento, antiparasitarios, antimicrobianos y antifúngicos naturales que pueden tener un impacto significativo como tratamiento de alguna enfermedad o padecimiento (Bocarando *et al.,* 2019; Sultana, 2020; Trigo *et al*., 2020).

Estos metabolito son definidos como compuestos o fitoquímicos bioactivos, y se encuentran abundantemente en frutas, vegetales y plantas, motivo por el cual representan la materia prima más importante de la industria farmacéutica para la obtención de moléculas quimioterapéuticas inocuas y efectivas para el tratamiento de infecciones por microrganismos (bacterias y hongos), así como diversas enfermedades crónico-degenerativas como la diabetes, obesidad, problemas cardiovasculares, inmunológicos y el cáncer (Brilhante *et al.,* 2017; Mohamed Nabil Tolba *et al*., 2021).

Una forma novedosa en la aplicación de los compuestos bioactivos de *Moringa oleífera* en alimentos, es mediante el desarrollo de alimentos funcionales, que en la actualidad representan un mercado en alza y uno de los principales impulsores en el desarrollo de nuevos productos, lo cual se ve favorecido con la continua aparición de evidencia científica que explica cómo a través de la dieta y sus componentes se pueden modular

algunas funciones fisiológicas específicas en el organismo y por tanto favorecer el bienestar y la salud (Cárdenas Baquero *et al.*, 2016; Delfanian & Sahari, 2020; Santos-Buelga *et al.*, 2019).

Entre las estrategias tecnológicas para el desarrollo de alimentos funcionales, la forma más versátil es mediante la modificación de la composición de los alimentos, que surge de la factible posibilidad de introducir cambios en los sistemas de producción mediante la adición o sustitución de ingredientes utilizados para su elaboración; favoreciendo la presencia de diversos compuestos bioactivos que dotarán al alimento con atributos convenientes para promover el bienestar y limitando el contenido de aquellos con implicaciones negativas para la salud de sus consumidores (Munekata *et al*., 2021; Tolve *et al.*, 2020).

Algunas partes de la planta serán sometidas a un tratamiento especial antes de añadirse como ingrediente, por ejemplo, las semillas de Moringa se pueden someter a tratamientos térmicos (cocción y asado) y biológicos (fermentación y germinación) para reducir sus antinutrientes y sabor amargo, manteniendo su calidad nutricional (Saa *et al.*, 2019). A continuación, se exponen algunos de los últimos avances tecnológicos en el desarrollo de nuevos alimentos funcionales, cuya base para su elaboración ha sido la utilización de compuestos bioactivos de origen vegetal como ingredientes funcionales.

a) Compuestos bioactivos en derivados cárnicos

En cuanto a productos cárnicos se refiere, una de las principales causas de deterioro de la calidad es la oxidación lipídica y proteica que afecta negativamente los atributos sensoriales de alimento (color, textura, olor, sabor, retención de agua y la calidad nutricional) ocasionada por la pérdida de aminoácidos esenciales durante su preparación (Goethals *et al.*, 2020; Jin *et al.*, 2021; Q. Xiong *et al.*, 2020). Por lo tanto, la adición directa de los ingredientes de *Moringa Oleífera* durante el proceso de elaboración de alimento, son en su mayoría compuestos antioxidantes, antimicrobianos, inclusive probióticos con efectos benéficos sobre las propiedades organolépticas y de conservación (Manful *et al.*, 2020; Pešić *et al*., 2019). Otros estudios sugieren que algunos polifenoles de la frutas y plantas como la uva blanca, fresa, mora y granada pueden evitar la oxidación de lípidos y proteínas a través de la inhibición de radicales libres retrasando el deterioro del color en el producto (Ceylan *et al.*, 2021).

b) Compuestos bioactivos en panificación

El uso de compuestos bioactivos en la panificación va más enfocado al enriquecimiento del producto que a su conservación, debido a que los productos derivados de cereales como el pan representa más del 50% de la ingesta total de energía en las comunidades desarrolladas, aunado a su bajo potencial antioxidante, se ha convertido en el vehículo ideal para compuestos funcionales (Đurović *et al.*, 2020; Gaglio *et al.*, 2021). Algunos investigadores han estudiado la posibilidad de enriquecer el pan o productos de panificación con compuestos fenólicos antioxidantes provenientes de algunas frutas y verduras (Dziki *et al.*, 2021; Juodeikiene *et al*., 2021; Piechowiak *et al*., 2020; Santos-Buelga *et al.*, 2019). Adicionalmente, se debe considerar las propiedades reológicas del producto, es decir la adición de compuestos bioactivos no debe afectar su calidad (Javanmardi *et al.*, 2021). Por ejemplo, Coello *et al.* (2021) evaluaron cinco formulaciones de pasta enriquecida con extracto de *Moringa Oleífera*, esta combinación permitió el aumento del contenido de proteínas, fibra y minerales, sin embargo, las fórmulas con más del 10% de

extracto presentaron impacto negativo en sus atributos sensoriales, debido a la astringencia que producen su alto contenido en polifenoles.

c) Compuestos bioactivos en derivados lácteos

En los derivados lácteos se han aplicado compuestos bioactivos extraídos de plantas o frutas a fin de mejorar la calidad de los productos finales y de esta forma ofrecer compuestos biológicamente activos a la dieta humana (Šeregelj *et al.,* 2021). Ejemplos de dicho proceso son la suplementación de yogures con jugos y polvos de frutas para su enriquecimiento del contenido fenólico, fitoesteroles, carotenoides, probióticos, prebióticos y ácidos grasos esenciales (de Campo *et al.,* 2019; Gumus & Gharibzahedi, 2021; Peng *et al*., 2021; Šeregelj *et al.*, 2021). Abdeen *et al.* (2021) reportaron que los residuos de *Moringa Oleífera* han sido empleados como coagulante en la producción de queso de cabra, debido a que proporcionan una textura más blanda y buen sabor, por lo que puede ser utilizado como aditivo alimentario y sustituto del cuajo.

11. Potencial antiviral de la moringa

Actualmente se buscan aquellos compuestos que presenten actividad antiviral, derivado al aumento de defunciones por enfermedades respiratorias. Varios estudios realizados a extractos de *Moringa oleífera* han reportado que posee actividad antiviral contra los virus del herpes (HSV-1), Epstein-Barr y virus de la fiebre aftosa (Kuete *et al.,* 2018). Entre los nuevos compuestos descubiertos en las semillas de la moringa, el nombrado Moringa A (Figura 5) provee actividad contra el virus de la influenza (H1N1) (Y. Xiong *et al*., 2021).

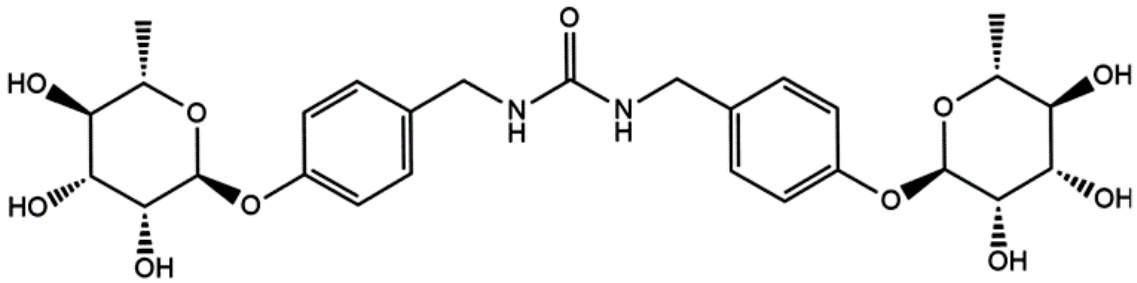


Figura 5. Estructura química de Moringa A (Adaptado de Xiong *et al*. (2021)).

En este trabajo, Xiong *et al*. (2021) demostraron que el compuesto conocido como Moringa A es capaz de inhibir la replicación de los virus de la influenza A en las células huésped protegiendo a las células infectadas del efecto citopático. Además, también ayuda en el proceso inflamatorio al disminuir las citosinas TNF-α, IL-6, IL-1β y IFN-β.

Recientemente, se ha despertado el interés por *Moringa Oleífera* debido a su actividad antiviral reportada como un posible protector o inhibidor contra el virus del SARS-CoV-2 (Muhammad *et al*., 2021). Se consideran un efecto sobre varios sitios de acción de la estructura del virus que ocasiona la enfermedad de la COVID-19, como inhibidores de la serina proteasa (SPI), cuya función es la de ser un receptor de glicol transmembranal (TMPRSS2) que permite la fusión y entrada del virus a la célula diana y posterior unión de la proteína S, para comenzar la infección clave del inicio de la replicación viral. Por fortuna estudios recientes describen que algunos componentes de *Moringa Oleífera* contenidos en semillas y hojas podrían considerarse como compuestos

SPI, y ser candidatos a fármacos e inhibidores del ciclo viral (Illian *et al*., 2021).

Muhammad *et al*. (2021) por su parte, realizaron un estudio molecular *in silico* y dinámico de los polifenoles de Moringa contra dos proteínas estructurales cruciales en la transcripción viral del SARS-CoV-2, la nsp9 y la nsp10. Los resultados mostraron que el ácido elágico y la apigenina tienen alta afinidad a sitios de unión de la nsp9 y nsp10, sugiriendo un nuevo potencial terapéutico.

12. Conclusiones

El árbol de *Moringa oleífera* es una fuente natural de compuestos antioxidantes, anticancerígenos, hipotensores, hipoglucemiantes y antimicrobianos importantes y aplicables en la industria de los alimentos y la salud. La presencia de compuestos tóxicos como la moringina, moringinína, spirochin, y becil isotiocianato en corteza, raíz y semilla, se consideran de riesgo para el organismo solo si se excede la dosis en relación al tiempo de consumo de la planta. Afortunadamente las hojas son la parte más segura para el consumo, aunado a su popularidad. Es necesario estudiar la tolerancia de la dosis en modelos animales, así como vigilar la inocuidad de algunas partes de esta planta que se usan en la medicina tradicional. Actualmente la extracción con solventes es la más efectiva en la recuperación de los compuestos bioactivos de *Moringa Oleífera*, pero se debería estudiar aquellos métodos alternativos amigables con el ambiente en donde se usen las hojas de moringa para la recuperación de los metabolitos de interés.

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto con clave 6450.18 P.

Referencias bibliográficas

Abdeen, E. S. M. M., Ibrahim, O. A., & Kholif, A. M. M. (2021). Utility of *Moringa oleifera* waste as a coagulant in goat soft cheese production. *Heliyon*, *7*(7), e07536. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2021.E07536

Adedapo, A. A., Ogunmiluyi, I. O., Falayi, O. O., Ogunpolu, B. S., Oyagbemi, A. A., Orishadipe, A., Omobowale, T. O., Yakubu, M. A., & Oguntibeju, O. O. (2020). The lyophilized aqueous leaf extract of Moringa oleifera blunts streptozocin-induced diabetes in rats through upregulation of GLUT 4 signaling pathway and anti-oxidant effect. *Scientific African*, *10*, e00619. https://doi.org/10.1016/J.SCIAF.2020.E00619

Adeyemi, S., Larayetan, R., Onoja, A. D., Ajayi, A., Yahaya, A., Ogunmola, O. O., Adeyi, A. O., & Chijioke, O. (2021). Anti-hemorrhagic activity of ethanol extract of Moringa oleifera leaf on envenomed albino rats. *Scientific African*, *12*, e00742. https://doi.org/10.1016/J.SCIAF.2021.E00742

Agunbiade, O. J., Famutimi, O. G., Kadiri, F. A., Kolapo, O. A., & Adewale, I. O. (2021). Studies on peroxidase from Moringa oleifera Lam leaves. *Heliyon*, *7*(1), e06032. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2021.E06032

Aju, B. Y., Rajalakshmi, R., & Mini, S. (2019). Protective role of Moringa oleifera leaf extract on cardiac antioxidant status and lipid peroxidation in streptozotocin induced diabetic rats. *Heliyon*, *5*(12), e02935. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2019.E02935

Al Dayel, M. F., & el Sherif, F. (2021). Evaluation of the effects of Chlorella vulgaris, Nannochloropsis salina, and Enterobacter cloacae on growth, yield and active compound compositions of Moringa oleifera under salinity stress. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *28*(3), 1687–1696. https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2020.12.007

Alam, M. W., Pandey, P., Khan, F., Souayeh, B., & Farhan, M. (2020). Study to Investigate the Potential of Combined Extract of Leaves and Seeds of Moringa oleifera in Groundwater Purification. International journal of environmental research and public health, 17(20), 7468. https://doi.org/10.3390/ijerph17207468

Ali Redha, A., Perna, S., Riva, A., Petrangolini, G., Peroni, G., Nichetti, M., Iannello, G., Naso, M., Faliva, M. A., & Rondanelli, M. (2021). Novel insights on anti-obesity potential of the miracle tree, Moringa oleifera: A systematic review. *Journal of Functional Foods*, *84*, 104600. https://doi.org/10.1016/J.JFF.2021.104600

Alvarado Ramírez, E. R., Garay Martínez, J. R., Estrada Drouaillet, B., Martínez González, J. C., Rojas García, A. R., & Joaquín Cancino, S. (2020). Variación morfológica en Moringa oleifera Lam. a diferentes densidades de población. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *24*, 166–176. https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2367

Asare, G. A., Gyan, B., Bugyei, K., Adjei, S., Mahama, R., Addo, P., Otu-Nyarko, L., Wiredu, E. K., & Nyarko, A. (2012). Toxicity potentials of the nutraceutical Moringa oleifera at supra-supplementation levels. *Journal of Ethnopharmacology*, *139*(1), 265–272. https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.11.009

Asgari-Kafrani, A., Fazilati, M., & Nazem, H. (2020). Hepatoprotective and antioxidant activity of aerial parts of Moringa oleifera in prevention of non-alcoholic fatty liver disease in Wistar rats. *South African Journal of Botany*, *129*, 82–90. https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2019.01.014

Avilés-Gaxiola, S., León-Félix, J., Jiménez-Nevárez, Y. B., Angulo-Escalante, M. A., Ramos-Payán, R., Colado-Velázquez, J., & Heredia, J. B. (2021). Antioxidant and anti-inflammatory properties of novel peptides from Moringa oleifera Lam. leaves. *South African Journal of Botany*, *141*, 466–473. https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2021.05.033

Awodele, O., Oreagba, I. A., Odoma, S., da Silva, J. A. T., & Osunkalu, V. O. (2012). Toxicological evaluation of the aqueous leaf extract of Moringa oleifera Lam. (Moringaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, *139*(2), 330–336. https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.10.008

Ayotunde, E. O., Fagbenro, O. A., & Adebayo, O. T. (2011). Toxicity of aqueous extract of Moringa oleifera seed powder to Nile tilapia Oreochromis niloticus (LINNE I779), fingerlings. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, *1*(4), 142–150. http://www.interesjournals.org/IRJAS

Benitez, J. B., Fortunato, H., & Itati, N. (2016). Grupo ad Hoc Moringa oleifera.

Red de Seguridad Alimentaria, *12*(21), 1–36.

Bhalla, N., Ingle, N., Patri, S. v., & Haranath, D. (2021). Phytochemical analysis of Moringa Oleifera leaves extracts by GC-MS and free radical scavenging potency for industrial applications. *Saudi Journal of Biological Sciences*. https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2021.07.075

Bocarando, M., Ríos, M., Hernández, A., Luna, S., Herrera, A., & Hernández, R. (2019). La moringa (Moringa oleifera Lam.): una fuente alternativa de proteína vegetal. *Academia Journals*, *October*, 126–131.

Brilhante, R. S. N., Sales, J. A., Pereira, V. S., Castelo-Branco, D. de S. C. M., Cordeiro, R. de A., de Souza Sampaio, C. M., de Araújo Neto Paiva, M., Santos, J. B. F. dos, Sidrim, J. J. C., & Rocha, M. F. G. (2017). Research advances on the multiple uses of Moringa oleifera: A sustainable alternative for socially neglected population. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, *10*(7), 621–630. https://doi.org/10.1016/J.APJTM.2017.07.002

Canett-Romero, R., Arvayo-Mata, K. L., & Vanessa, R.-G. N. (2014). ASPECTOS TÓXICOS MÁS RELEVANTES DE Moringa oleífera Y SUS POSIBLES DAÑOS MOST RELEVANT TOXIC ASPECTS OF Moringa oleifera AND ITS POSSIBLE DAMAGES. *Revista de Ciencias Biológicas y de La Salud*, 37–43. www.biotecnia.uson.mx

Cárdenas Baquero, G. D., Arrazola Paternina, G., & Villalba Cadavid, M. (2016). Frutas tropicales: fuente de compuestos bioactivos naturales en la industria de alimentos. *Ingenium Revista de La Facultad de Ingeniería*, *17*(33), 29. https://doi.org/10.21500/01247492.2152

Ceylan, Z., Kutlu, N., Meral, R., Ekin, M. M., & Kose, Y. E. (2021). Protective effect of grape seed oil-loaded nanofibers: Limitation of microbial growth and lipid oxidation in kashar cheese and fish meat samples. *Food Bioscience*, *42*, 101076. https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2021.101076

Cibej-López, F. E. (2019). *"Caracterización Química Proximal De Latorta De Moringa (Moringa Oleífera) Sobre Su Composición Nutricional, Sensorial Y Toxicológico."* http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4059/cibej-lopez-fabio-enzo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Coello, K. E., Peñas, E., Martinez-Villaluenga, C., Elena Cartea, M., Velasco, P., & Frias, J. (2021). Pasta products enriched with moringa sprout powder as nutritive dense foods with bioactive potential. *Food Chemistry*, *360*, 130032. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.130032

Cuellar-Núñez, M. L., Loarca-Piña, G., Berhow, M., & Gonzalez de Mejia, E. (2020). Glucosinolate-rich hydrolyzed extract from Moringa oleifera leaves decreased the production of TNF-α and IL-1β cytokines and induced ROS and apoptosis in human colon cancer cells. *Journal of Functional Foods*, *75*, 104270. https://doi.org/10.1016/J.JFF.2020.104270

Cuevas-Rodríguez, E. O., León-López, L., Escobar-Zúñiga, Y., Milán-Carrillo, J., Domínguez-Arispuro, D. M., & Gutiérrez-Dorado, R. (2020). Chemical proximate composition, antinutritional

factors content, and antioxidant capacity of anatomical seed fractions of Moringa oleifera. *Acta Universitaria*, *30*, 1–11. https://doi.org/10.15174/au.2020.2892

de Campo, C., Queiroz Assis, R., Marques da Silva, M., Haas Costa, T. M., Paese, K., Stanisçuaski Guterres, S., de Oliveira Rios, A., & Hickmann Flôres, S. (2019). Incorporation of zeaxanthin nanoparticles in yogurt: Influence on physicochemical properties, carotenoid stability and sensory analysis. *Food Chemistry*, *301*, 125230. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125230

Delfanian, M., & Sahari, M. A. (2020). Improving functionality, bioavailability, nutraceutical and sensory attributes of fortified foods using phenolics-loaded nanocarriers as natural ingredients. In *Food Research International* (Vol. 137, p. 109555). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109555

Dhakad, A. K., Ikram, M., Sharma, S., Khan, S., Pandey, V. v, & Singh, A. (2019). Biological, nutritional, and therapeutic significance of Moringa oleifera Lam. *Phytotherapy Research: PTR*, *33*(11), 2870–2903. https://doi.org/10.1002/ptr.6475

Duarte-Trujillo AS, Jiménez-Forero JA, Pineda-Insuasti JA, González-Trujillo CA, García-Juárez M. Extracción de sustancias bioactivas de Pleurotus ostreatus (Pleurotaceae) por maceración dinámica. Acta biol. Colomb. 2020;25(1):61-74. DOI: http://dx.doi.org/10.15446/abc.v25n1.72409

Duranti, G., Maldini, M., Crognale, D., Sabatini, S., Corana, F., Horner, K., & Ceci, R. (2021). Moringa oleifera leaf extract influences oxidative metabolism in C2C12 myotubes through SIRT1-PPARα pathway. *Phytomedicine Plus*, *1*(1), 100014. https://doi.org/10.1016/J.PHYPLU.2020.100014

Đurović, S., Vujanović, M., Radojković, M., Filipović, J., Filipović, V., Gašić, U., Tešić, Ž., Mašković, P., & Zeković, Z. (2020). The functional food production: Application of stinging nettle leaves and its extracts in the baking of a bread. *Food Chemistry*, *312*, 126091. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2019.126091

Dziki, D., Cacak-Pietrzak, G., Hassoon, W. H., Gawlik-Dziki, U., Sułek, A., Różyło, R., & Sugier, D. (2021). The fruits of sumac (Rhus coriaria L.) as a functional additive and salt replacement to wheat bread. *LWT*, *136*, 110346. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2020.110346

El-Shehawi, A. M., Alkafafy, M., El-Shazly, S., Sayed, S., Farouk, S., Alotaibi, S., Madkour, D. A., Khalifa, H. K., & Ahmed, M. M. (2021). Moringa oleifera leaves ethanolic extract ameliorates high fat diet-induced obesity in rats. *Journal of King Saud University - Science*, *33*(6), 101552. https://doi.org/10.1016/J.JKSUS.2021.101552

FAO. (2021). *Cultivos tradicionales: Moringa*. http://www.fao.org/traditional-crops/moringa/es/

Förster, N., Ulrichs, C., Schreiner, M., Arndt, N., Schmidt, R., & Mewis, I. (2015). Ecotype variability in growth and secondary metabolite profile in Moringa oleifera: impact of sulfur and water availability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *63*(11), 2852–2861. https://doi.org/10.1021/jf506174v

Gaglio, R., Barbera, M., Tesoriere, L., Osimani, A., Busetta, G., Matraxia, M., Attanzio, A., Restivo, I., Aquilanti, L., & Settanni, L. (2021). Sourdough "ciabatta" bread enriched with powdered insects: Physicochemical, microbiological, and simulated intestinal digesta functional properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *72*, 102755. https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2021.102755

Gharsallah, K., Rezig, L., Msaada, K., Chalh, A., & Soltani, T. (2021). Chemical composition and profile characterization of Moringa oleifera seed oil. *South African Journal of Botany*, *137*, 475–482. https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2020.11.014

Ghosh, A., Roychowdhury, T., Nandi, R., Maiti, R., Ghosh, N. N., Molla, S. A., Mukhopadhyay, S., Prodhan, C., Chaudhury, K., Das, P., Sarkar, N. K., Chattopadhyay, S., Bhattacharya, R., Bose, C. K., & Maiti, D. K. (2021). Inhibitory role of a smart nano-trifattyglyceride of Moringa oleifera root in epithelial ovarian cancer, through attenuation of FSHR - c-Myc axis. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. https://doi.org/10.1016/J.JTCME.2021.03.005

Giuberti, G., Rocchetti, G., Montesano, D., & Lucini, L. (2021). The potential of Moringa oleifera in food formulation: A promising source of functional compounds with health-promoting properties. *Current Opinion in Food Science*. https://doi.org/10.1016/J.COFS.2021.09.001

Goethals, S., van Hecke, T., Vossen, E., Vanhaecke, L., van Camp, J., & de Smet, S. (2020). Commercial luncheon meat products and their in vitro gastrointestinal digests contain more protein carbonyl compounds but less lipid oxidation products compared to fresh pork. *Food Research International*, *136*, 109585. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2020.109585

González Minero, F. J. (2018). Un estudio transversal de Moringa oleifera Lam. (Moringaceae). *Dominguezia*, *34*(1), 5–25.

González-Burgos, E., Ureña-Vacas, I., Sánchez, M., & Pilar Gómez-Serranillos, M. (2021). *Nutritional Value of Moringa oleifera Lam. Leaf Powder Extracts and Their Neuroprotective Effects via Antioxidative and Mitochondrial Regulation*. https://doi.org/10.3390/nu13072203

Gopalakrishnan, L., Doriya, K., & Kumar, D. S. (2016). Moringa oleifera: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*, *5*(2), 49–56. https://doi.org/10.1016/J.FSHW.2016.04.001

Gumus, C. E., & Gharibzahedi, S. M. T. (2021). Yogurts supplemented with lipid emulsions rich in omega-3 fatty acids: New insights into the fortification, microencapsulation, quality properties, and health-promoting effects. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 110, pp. 267–279). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.016

Hamed, Y. S., Abdin, M., Akhtar, H. M. S., Chen, D., Wan, P., Chen, G., & Zeng, X. (2019). Extraction, purification by

macrospores resin and in vitro antioxidant activity of flavonoids from Moringa oliefera leaves. *South African Journal of Botany*, *124*, 270–279. https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2019.05.006

Hernandez-Aguilar, C., Dominguez-Pacheco, A., Valderrama-Bravo, C., Cruz-Orea, A., Martínez Ortiz, E., Ivanov, R., & Ordonez-Miranda, J. (2021). Photoacoustic characterization of wheat bread mixed with Moringa oleifera. *Current Research in Food Science*, *4*, 521–531. https://doi.org/10.1016/J.CRFS.2021.07.008

Illian, D. N., Siregar, E. S., Sumaiyah, S., Utomo, A. R., Nuryawan, A., & Basyuni, M. (2021). Potential compounds from several Indonesian plants to prevent SARS-CoV-2 infection: A mini-review of SARS-CoV-2 therapeutic targets. *Heliyon*, *7*(1), e06001. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2021.E06001

Islam, Z., Islam, S., Hossen, F., Mahtab-Ul-Islam, K., Hasan, M. R., & Karim, R. (2021). Moringa oleifera is a Prominent Source of Nutrients with Potential Health Benefits. International journal of food science, 2021, 6627265. https://doi.org/10.1155/2021/6627265

Javanmardi, F., Nayebzadeh, K., Saidpour, A., Barati, M., & Mortazavian, A. M. (2021). Optimization of a functional food product based on fibers and proteins: Rheological, textural, sensory properties, and in vitro gastric digestion related to enhanced satiating capacity. *LWT*, *147*, 111586. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.111586

Jin, S., Pang, Q., Yang, H., Diao, X., Shan, A., & Feng, X. (2021). Effects of dietary resveratrol supplementation on the chemical composition, oxidative stability and meat quality of ducks (Anas platyrhynchos). *Food Chemistry*, *363*, 130263. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.130263

Juodeikiene, G., Trakselyte-Rupsiene, K., Navickaite, B., Zadeike, D., Bendoraitiene, J., Bartkiene, E., Lele, V., Rueller, L., Robert, J., Arnoldi, A., Aiello, G., & Glasner, C. (2021). Functionalization of soya press cake (okara) by ultrasonication for enhancement of submerged fermentation with Lactobacillus paracasei LUHS244 for wheat bread production. *LWT*, *152*, 112337. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.112337

Kasolo, J. N., Bimenya, G. S., Ojok, L., & Ogwal-Okeng, J. W. (2012). Sub-acute toxicity evaluation of Moringa oleifera leaves aqueous and ethanol extracts in Swiss Albino rats. *International Journal of Medicinal Plant Research*, *1*(6), 75–81.

Kuete, V., Rengasamy, K. R. R., Husain, K., Zahirah, N., Rani, A., & Kumolosasi, E. (2018). Moringa Genus: A Review of Phytochemistry and Pharmacology. *Frontiers in Pharmacology | www.Frontiersin.Org*, *9*, 108. https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00108

Kou, X., Li, B., Olayanju, J. B., Drake, J. M., & Chen, N. (2018). Nutraceutical or Pharmacological Potential of Moringa oleifera Lam. Nutrients, 10(3), 343. https://doi.org/10.3390/nu10030343

Kumar, Nishant, Pratibha & Pareek, Sunil. (2021). Bioactive Compounds of

Moringa (Moringa Species). 10.1007/978-3-030-44578-2_28-1.

Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J., & Bertoli, S. (2015). Cultivation, Genetic, Ethnopharmacology, Phytochemistry and Pharmacology of Moringa oleifera Leaves: An Overview. *Int. J. Mol. Sci*, *16*, 12791–12835. https://doi.org/10.3390/ijms160612791

Lin, X., Wu, L., Wang, X., Yao, L., & Wang, L. (2021). Ultrasonic-assisted extraction for flavonoid compounds content and antioxidant activities of India Moringa oleifera L. leaves: Simultaneous optimization, HPLC characterization and comparison with other methods. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, *20*, 100284. https://doi.org/10.1016/J.JARMAP.2020.100284

López García, J. J. (2016). Moringa oleifera Lam: Biología, botánica, propiedades nutricionales y medicinales. *Biología Vegetal y Ecología*, *February*, 1–46. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22507.08480

Mansour, M., Mohamed, M. F., Elhalwagi, A., El-Itriby, H. A., Shawki, H. H., & Abdelhamid, I. A. (2019). Moringa peregrina Leaves Extracts Induce Apoptosis and Cell Cycle Arrest of Hepatocellular Carcinoma. BioMed research international, 2019, 2698570. https://doi.org/10.1155/2019/2698570

Manful, C. F., Vidal, N. P., Pham, T. H., Nadeem, M., Wheeler, E., & Thomas, R. H. (2020). Dataset showing the relationship between terpenes, antioxidants and polyphenols in protecting ester and ether linked glycerophospholipids of grilled beef and moose meat marinated with unfiltered beer from oxidation. *Data in Brief*, *33*, 106324. https://doi.org/10.1016/J.DIB.2020.106324

Mohamed Nabil Tolba, H., Abo Elmaaty, A., Kotb Farag, G., Mansou, D. A., & Elakkad, H. A. (2021). Immunological effect of Moringa Oleifera leaf extract on vaccinated and non-vaccinated Hubbard chickens experimentally infected with Newcastle virus. *Saudi Journal of Biological Sciences*. https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2021.09.012

Muhammad, S., Hassan, S. H., Al-Sehemi, A. G., Shakir, H. A., Khan, M., Irfan, M., & Iqbal, J. (2021). Exploring the new potential antiviral constituents of Moringa oliefera for SARS-COV-2 pathogenesis: An in silico molecular docking and dynamic studies. *Chemical Physics Letters*, *767*, 138379. https://doi.org/10.1016/J.CPLETT.2021.138379

Munekata, P. E. S., Pateiro, M., Zhang, W., Dominguez, R., Xing, L., Fierro, E. M., & Lorenzo, J. M. (2021). Health benefits, extraction and development of functional foods with curcuminoids. In *Journal of Functional Foods* (Vol. 79, p. 104392). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104392

Nelly, G.-P.; Carmita, J.-J., &; Silvana, Cuenca- Buele1, 2; Jefferson, Tocto-León1; Ingrid, M.-H. R. (2017). Estudios farmacognósticos y toxicológicos preliminares de hojas, tallo y raíz de moringa (moringa oleifera Lam.). *Ciencia Unemi*, *10*(22), 60–68. http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/459

Novoa, A. V., & Marrero, D. (2021). *Moringa oleifera Lam. (Moringaceae):*

evaluación nutricional y clínica en modelos animales y correspondencia con investigaciones en humanos. *5*(2), 57–73.

Nuapia, Y., Cukrowska, E., Tutu, H., & Chimuka, L. (2020). Statistical comparison of two modeling methods on pressurized hot water extraction of vitamin C and phenolic compounds from Moringa oleifera leaves. *South African Journal of Botany*, *129*, 9–16. https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2018.09.001

Oluwaniyi, O. O., & Obi, B. C. (2018). Phytochemical, Anti-nutritional and Toxicity Assessment of Moringa. *Jordan Journal of Chemistry*, *13*(3), 171–178.

Oyeyinka, A. T., & Oyeyinka, S. A. (2018). Moringa oleifera as a food fortificant: Recent trends and prospects. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *17*(2), 127–136. https://doi.org/10.1016/J.JSSAS.2016.02.002

Özcan, M. M., Ghafoor, K., al Juhaimi, F., Ahmed, I. A. M., & Babiker, E. E. (2019). Effect of cold-press and soxhlet extraction on fatty acids, tocopherols and sterol contents of the Moringa seed oils. *South African Journal of Botany*, *124*, 333–337. https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2019.05.010

Paul, C. W., & Didia, B. C. (2012). The Effect of Methanolic Extract of Moringa oleifera Lam Roots on the Histology of Kidney and Liver of Guinea Pigs. *Asian Journal of Medical Sciences*, *4*(1), 55–60.

Peng, C., Yao, G., Sun, Y., Guo, S., Wang, J., Mu, X., Sun, Z., & Zhang, H. (2021). Comparative effects of the single and binary probiotics of Lacticaseibacillus casei Zhang and Bifidobacterium lactis V9 on the growth and metabolomic profiles in yogurts. *Food Research International*, 110603. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110603

Pešić, M. B., Milinčić, D. D., Kostić, A., Stanisavljević, N. S., Vukotić, G. N., Kojić, M. O., Gašić, U. M., Barać, M. B., Stanojević, S. P., Popović, D. A., Banjac, N. R., & Tešić, Ž. L. (2019). In vitro digestion of meat- and cereal-based food matrix enriched with grape extracts: How are polyphenol composition, bioaccessibility and antioxidant activity affected? *Food Chemistry*, *284*, 28–44. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2019.01.107

Piechowiak, T., Grzelak-Błaszczyk, K., Bonikowski, R., & Balawejder, M. (2020). Optimization of extraction process of antioxidant compounds from yellow onion skin and their use in functional bread production. *LWT*, *117*, 108614. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2019.108614

Rosdy, M. S., Rofiee, M. S., Samsulrizal, N., Salleh, M. Z., & Teh, L. K. (2021). Understanding the effects of Moringa oleifera in chronic unpredictable stressed zebrafish using metabolomics analysis. *Journal of Ethnopharmacology*, *278*, 114290. https://doi.org/10.1016/J.JEP.2021.114290

Saa, R. W., Fombang, E. N., Ndjantou, E. B., & Njintang, N. Y. (2019). Treatments and uses of Moringa oleifera seeds in human nutrition: A review. *Food Science & Nutrition*, *7*(6), 1911–1919. https://doi.org/10.1002/fsn3.1057

Saini, R. K., Sivanesan, I., & Keum, Y. S. (2016). Phytochemicals of Moringa oleifera: a review of their nutritional, therapeutic and industrial significance. 3 Biotech, 6(2), 203. https://doi.org/10.1007/s13205-016-0526-3

Sagrera, A., Montenegro, T., & Borrego, L. (2021). Toxicodermia por Moringa oleifera. *Actas Dermo-Sifiliográficas*. https://doi.org/10.1016/J.AD.2020.03.011

Santos-Buelga, C., González-Paramás, A. M., Oludemi, T., Ayuda-Durán, B., & González-Manzano, S. (2019). Plant phenolics as functional food ingredients. In *Advances in Food and Nutrition Research* (1st ed., Vol. 90). Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.02.012

Šeregelj, V., Pezo, L., Šovljanski, O., Lević, S., Nedović, V., Markov, S., Tomić, A., Čanadanović-Brunet, J., Vulić, J., Šaponjac, V. T., & Ćetković, G. (2021). New concept of fortified yogurt formulation with encapsulated carrot waste extract. *LWT*, *138*, 110732. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2020.110732

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2018). *El poder de la moringa en la salud*. https://www.gob.mx/siap/articulos/el-poder-de-la-moringa-en-la-salud?idiom=es

Silva, M., Cibej, F., Salvá, B., Guevara, A., & Pascual, G. (2018). Effect of the debittered of moringa seed cake (Moringa oleifera) on its proximal composition and its nutritional and toxicological profile. *Scientia Agropecuaria*, *9*(2), 247–257. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.10

Skaf, D. W., Punzi, V. L., Rolle, J. T., & Cullen, E. (2021). Impact of Moringa Oleifera extraction conditions on zeta potential and coagulation effectiveness. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *9*(1), 104687. https://doi.org/10.1016/J.JECE.2020.104687

Sohaib, M., Al-Barakah, F. N. I., Migdadi, H. M., & Husain, F. M. (2021). Comparative study among Avicennia marina, Phragmites australis, and Moringa oleifera based ethanolic-extracts for their antimicrobial, antioxidant, and cytotoxic activities. *Saudi Journal of Biological Sciences*. https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2021.08.062

Sola, J. P., Pedreño, Y., Abengózar, R., & Peñalver, M. (2017). Caso de alergia a Moringa oleífera. *J Investig Allergol Clin Immunol*, *27*, 97.

Stohs, S. J., & Hartman, M. J. (2015). Review of the Safety and Efficacy of Moringa oleifera. *Phytotherapy Research: PTR*, *29*(6), 796–804. https://doi.org/10.1002/ptr.5325

Sultana, S. (2020). Nutritional and functional properties of Moringa oleifera. *Metabolism Open*, *8*, 100061. https://doi.org/10.1016/J.METOP.2020.100061

Tiloke, C., Anand, K., Gengan, R. M., & Chuturgoon, A. A. (2018). Moringa oleifera and their phytonanoparticles: Potential antiproliferative agents against cancer. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *108*, 457–466. https://doi.org/10.1016/J.BIOPHA.2018.09.060

Tolve, R., Cela, N., Condelli, N., Cairano, M. di, Caruso, M. C., & Galgano, F. (2020). Microencapsulation as a Tool for the

Formulation of Functional Foods: The Phytosterols' Case Study. *Foods (Basel, Switzerland)*, *9*(470). https://doi.org/10.3390/foods9040470

Trigo, C., Castelló, M. L., Ortolá, M. D., García-Mares, F. J., & Soriano, M. D. (2020). Moringa oleifera: An Unknown Crop in Developed Countries with Great Potential for Industry and Adapted to Climate Change. *Foods*, *10*(1). https://doi.org/10.3390/foods

UNAM. (2020). *ESTUDIO DE LA UNAM DEMUESTRA BENEFICIOS DE LA MORINGA*. https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2020_724.html

Valdés-Rodríguez, O. A. (2019). CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS Y PRÁCTICAS AGRÍCOLAS DE LOS PRODUCTORES DE Moringa oleifera LAM. EN MÉXICO. *Agro Productividad*, *12*(2), 3–8. https://doi.org/10.32854/agrop.v12i2.1357

Ventura, A. C. S. S. B., de Paula, T., Gonçalves, J. P., Soley, B. da S., Cretella, A. B. M., Otuki, M. F., & Cabrini, D. A. (2021). The oil from Moringa oleifera seeds accelerates chronic skin wound healing. *Phytomedicine Plus*, *1*(3), 100099. https://doi.org/10.1016/J.PHYPLU.2021.100099

Witharana, R. A., M G A S T B Wijetunga, W., & Wijesinghe, S. K. J. (2018). Stevens-Johnson syndrome (SJS) following murunga leaf (Moringa oleifera) consumption. *Ceylon Medical Journal*, *63*, 188–189. https://doi.org/10.4038/cmj.v63i4.8771

Xiong, Q., Zhang, M., Wang, T., Wang, D., Sun, C., Bian, H., Li, P., Zou, Y., & Xu, W. (2020). Lipid oxidation induced by heating in chicken meat and the relationship with oxidants and antioxidant enzymes activities. *Poultry Science*, *99*(3), 1761–1767. https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2019.11.013

Xiong, Y., Rajoka, M. S. R., Mehwish, H. M., Zhang, M. X., Liang, N., Li, C., & He, Z. (2021). Virucidal activity of Moringa A from Moringa oleifera seeds against Influenza A Viruses by regulating TFEB. *International Immunopharmacology*, *95*, 107561. https://doi.org/10.1016/J.INTIMP.2021.107561

Zhang, T., Si, B., Tu, Y., Cui, K., Zhou, C., & Diao, Q. (2019). Effect of including different levels of moringa (Moringa oleifera) leaf meal in the diet of finishing pigs: Performance, pork quality, fatty acid composition, and amino acid profile. *Czech Journal of Animal Science*, *64*(3), 141–149. https://doi.org/10.17221/204/2018-CJAS