

Propiedades nutricionales, microbiológicas y farmacológicas de *Moringa oleifera*



<https://doi.org/10.56238/interdiinovationscrese-076>

Aurora Martínez Romero

Doctora en Ciencias Agropecuarias por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Institución: Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, Unidad Gómez Palacio

José Luis Ortega Sánchez

Doctor en Educación por la Universidad Autónoma de Coahuila
Institución: Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas
Dirección: Bermejillo, Durango

Maribel Cervantes-Flores

Doctora en Inmunología por la Universidad Nacional Autónoma de México
Institución: Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, Unidad Durango

José de Jesús Alba-Romero

Doctor en Ciencias Biomédicas por la Universidad Juárez del Estado de Durango
Institución: Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, Gómez Palacio

RESUMEN

Moringa oleifera es una planta tropical herbaria multiusos, una alternativa con fines terapéuticos y

con gran impacto como estrategia sustentable dentro de la Agenda 2030 de la ONU, dentro de su segundo objetivo de desarrollo sostenible (ODS) Hambre cero. El objetivo de la presente revisión de literatura fue conocer las propiedades nutricionales, microbiológicas y farmacológicas de *M. oleifera*. La *M. oleifera* es un árbol prometedor en la solución de problemas de seguridad alimentaria utilizada en la preparación de alimentos para consumo humano. *M. oleifera* contiene fitoquímicos en hojas, semillas y vainas, glucósidos, polifenoles, taninos, flavonoides y derivados, componentes como aminoácidos esenciales, carotenoides y antocianidinas que le proporcionan a la planta propiedades nutricionales, funcionales, farmacológicas con actividades antimicrobianas, hipotensores, antioxidantes, hipoglucemiantes, inmunomoduladores y antiinflamatorios. Las hojas de *Moringa* contienen fibra, cenizas, carbohidratos, proteínas totales, lípidos, minerales como sodio, potasio, magnesio, fósforo, hierro, zinc, cobre, calcio y manganeso. La *M. oleifera* trae consigo la solución a problemas de la población en general como la desnutrición, contaminación ambiental, enfermedades que afectan a la humanidad.

Palabras clave: Hambre cero, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Agricultura de traspatio, Alimento.

1 INTRODUCCIÓN

La *Moringa oleifera* (*M. oleifera*) es una planta importante y bien conocida en el campo de Ayurveda, ya que tradicionalmente se ha utilizado para una variedad de propósitos. Se sabe que tiene un potencial infinito como alimento complementario y nutraceutico debido a la presencia de abundantes componentes fitoquímicos. Además de ser una buena fuente de una variedad de productos químicos bioactivos útiles, *M. oleifera* también es una planta anticipada en la investigación nutricional, puesto que solo tiene una necesidad mínima para los requisitos de crecimiento de los cultivos, lo que permite una amplia distribución en muchos países. El potencial farmacológico de las plantas, así como su seguridad y toxicidad, se ha estudiado críticamente tanto en estudios in vitro como in vivo, y muchos



estudios han encontrado actividades convincentes de *M. oleifera* como agente potente con toxicidad mínima (Azlan et al., 2022).

Asimismo, se documenta que la planta *M. oleifera* tiene una amplia gama de propiedades farmacológicas, incluyendo actividades como antimicrobianos, hipotensores, hipoglucemiantes, inmunomoduladores y antiinflamatorios (Fernandes et al., 2020). *M. oleifera* L. conocida por su valor nutricional y medicinal, tiene fuertes efectos antiproliferativos sobre varios tipos de cáncer (Wang et al., 2020). El uso de las plantas medicinales ha aumentado en los últimos años debido a la presencia de numerosos metabolitos secundarios biológicamente activos. Entre estos metabolitos se encuentran los polifenoles, como flavonoides, ácidos fenólicos, lignanos y estilbenos. Los fenoles, carotenoides y antocianidinas son antioxidantes derivados de las plantas que son eficaces para controlar la actividad excesiva de los radicales libres. Los radicales libres primarios, como el superóxido y los radicales hidroxilos están generalmente asociados con el daño celular y la apoptosis. Además de los antioxidantes, se documenta sobre la presencia de agentes antimicrobianos en las plantas medicinales. Por lo que, el objetivo de la presente revisión de literatura fue conocer las propiedades nutricionales, microbiológicas y farmacológicas de *Moringa oleifera*.

2 ORIGEN

M. oleifera es una planta tropical nativa de la India (Cheng et al., 2019; Merugu et al., 2020). La planta puede crecer bien en los trópicos húmedos o tierras cálidas y secas, puede sobrevivir en suelos menos fértiles y también es poco afectados por la sequía (Sultana 2020). Cultivado en varias áreas de México, pertenece a la familia Moringaceae, que oscila entre 5 y 10 m de altura. Las flores, semillas, vainas y hojas del árbol de *Moringa* tienen varios beneficios medicinales utilizados con fines terapéuticos (Ogundipe et al., 2022).

M. oleifera es considerada una planta versátil debido a sus múltiples usos. Las hojas, las vainas verdes y las semillas son comestibles y se utilizan como alimento como parte de la dieta tradicional en muchos países de los trópicos y subtropicos (Nova et al., 2020). Además, a nivel mundial, la *Moringa* es conocida por diferentes nombres, es decir, árbol de benzolive, árbol de baqueta, árbol de rábano picante, mulangay, moonga, saijhan, marango, sajna, mlonge o árbol de aceite Ben (Zainab et al., 2020), árbol de muslo o árbol milagroso (Merugu et al., 2020), árbol de la vida (Pagano et al 2020).

3 PERFIL FITOQUÍMICO DE LAS HOJAS

La *Moringa* proporciona una nutrición adecuada debido a una variedad de fitoquímicos vitales que se encuentran en las hojas, semillas y vainas (Arora & Arora, 2021). La evaluación fitoquímica del extracto metanólico de hojas secas de *M. oleifera* sugirió que es rico en amplias clases de fitoconstituyentes, incluidos flavonoides, fenólicos, glucósidos y taninos (Suresh et al., 2020), los



fenólicos totales en el extracto se calcularon a partir de una curva estándar de ácido gálico, encontrando una concentración de fenólico total de 9,8 mg/ml equivalente de ácido gálico; el contenido de flavonoides en el extracto se obtuvieron de la curva estándar de Catequina, los flavonoides totales en el extracto fueron de 0,46 mg/ml.

Los componentes de *M. oleifera* incluyen 9-Ácido octadecenoico (z), ácido heptadecanoico y acetato de fitol (Syeda *et al.*, 2020).

Los ácidos fenólicos extraídos de las hojas de *M. oleifera* son principalmente ácido gálico, clorogénico, elágico y ferúlico, mientras que, los contenidos de flavonoides son principalmente quercetina y kaempferol. Además de eso, otras partes de *M. oleifera* también contienen compuestos bioactivos que son atribuibles a cada una de las posibles propiedades y beneficios farmacológicos (Azlan *et al.*, 2022). De la misma manera, se han identificado compuestos fenólicos de los extractos hidroetanólicos de *M. oleifera*, se encontraron 24 compuestos fenólicos, siendo 19 glicosilados derivados de flavonol, 3 ácidos fenólicos y 2 flavan-3-oles. Siendo estos (+)- catequina, (-)-epicatequina, quercetina-3-O-rutinósido, apigenina-6-C-glucósido, quercetina-3-O glucósido, kaempferol-3-O-rutinósido, isorhamnetina-3-O-rutinósido, kampferol- 3-O-glucósido, e isorhamnetina-3-O-glucósido, respectivamente, comparando su tiempo de retención, UV-Vis con espectros y patrones de fragmentación de masas con los de los estándares comerciales disponibles. Sólo se identificaron tentativamente tres ácidos fenólicos, picos 1/2 ([M-H]- a m/z 337) y 4 ([M-H]- a m/z 367), como ácido cis/trans 3-O-p-cumaroilquínico y ácido 3-O-feruloyquínico, respectivamente. El pico 1 presentó un pico base en m/z 191 (ácido quínico) junto con un pico en m/z 163 (correspondiente al resto ácido p-cumaroilo); el pico 2 presentó el mismo comportamiento cromatográfico, lo que conlleva a la identificación respectiva de los isómeros cis y trans del ácido cumaroilquínico (Fernandes *et al.*, 2020), también, se identificó la quercetina-O-dihexósido, quercetina-O-acetilhexósido, quercetina-malonilhexósido y quercetina-acetilglucósido-ácido sinápico.

El segundo grupo importante de flavonoides identificado fue el de los derivados de apigenina C-glicosilados, identificado como apigenina-6,8-C-diglucósido, apigenina-O-hexósido-C-hexósido y apigenina-C-hexósido. También se encontraron derivados de kaempferol, identificado provisionalmente como kaempferol-O-malonilhexosido. Se presentó un ion pseudomolecular identificado provisionalmente como kaempferol-O-malonildihexósido (Fernandes *et al.*, 2020).

Inclusive, las hojas de *Moringa* contienen altos niveles de fibra (11,23 g/100 g), cenizas (4,56 g/100 g), carbohidratos (56,33 g/100 g), proteínas totales (9,38 g/100 g) y lípidos (7,76 g/100 g). La planta es una excelente fuente de minerales esenciales, como sodio, potasio, magnesio, fósforo, hierro, zinc, cobre, calcio y manganeso (Hodas *et al.*, 2021).

Estos fitoquímicos contribuyen significativamente en la prevención de diversos trastornos de salud como cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares, trastornos funcionales relacionados con



la edad, artritis e inflamación (Zainab *et al.*, 2020). Es importante conocer el perfil fitoquímico, puesto que existen pruebas *in vitro* de la actividad inhibitoria de extractos de plantas y/o fitoconstituyentes aislados puros contra enzimas que metabolizan carbohidratos, lo cual representan un paso preliminar en los programas de detección de actividad antidiabética (Elwekeel *et al.*, 2022).

Las semillas de *M. oleifera* contienen 19-47% de aceite, 10–52% de proteínas y 2.5–20% de glucosinolatos. Los glucosinolatos de *Moringa* son un grupo de glucosinolatos que comprende un anillo de benceno con dos restos ramnosa unidos. Hay cuatro tipos de glucosinolatos en *M. oleifera* que son componentes funcionales únicos e importantes de *M. oleifera*, el principal glucosinolato en las semillas de *M. oleifera* es GLC (4- α -rhamnopyranosyloxy-benzyl glucosinolate). Los extractos simplemente se separaron en aceite, proteínas y GLC (Chen *et al.*, 2019).

Asimismo, en Shanghai, China, utilizando cromatografía líquida de ultra rendimiento acoplada con espectrometría de masas (UPLC-Q-TOF-MS) se aislaron componentes bioactivos de las hojas de *M. oleifera* como glucósidos, fenólicos y derivados y flavonoides y derivados, componentes que le proporcionan a la planta propiedades nutricionales, fitoquímicas, antioxidantes, propiedades inhibitorias de la α -amilasa y α -glucosidasa (Gu *et al.*, 2020). La composición de aminoácidos es fundamental para la evaluación de la calidad de las proteínas, la semilla poseía 23,77% de aminoácidos esenciales, se aislaron 17 aminoácidos (7 no esenciales y 10 aminoácidos esenciales), expresados en g de aminoácido por 100 g de proteína, con elevado contenido de Glu (22,71 g/100 g de proteína) seguido de Arg (15,78 g/100 g de proteína).

Los valores de aminoácidos esenciales oscilaban de 30,7 a 136,3. El azufre (Cys y Met) y los aminoácidos aromáticos (Phe y Tyr) tuvieron el primer y segundo valor más alto, de 136,3 y 104,3, respectivamente. Por el contrario, la lis con la puntuación mínima de aminoácidos de 30,7 siendo el primer aminoácido limitante de la proteína de la semilla de *M. oleifera*.

El aceite de semilla contenía 78,44% de ácidos grasos insaturados, con ácido oleico (C18:1) superior al 70% y 20,60% de ácidos grasos saturados, Además, el ácido palmítico (C16:0) y el ácido behénico (C22:0) tuvieron el segundo y tercer contenido más alto de 6,99% y 5,02%, respectivamente (Gu *et al.*, 2020). Al respecto, Fernandes y colaboradores (2020) identificaron 21 ácidos grasos en las fracciones lipídicas de frutas y flores, mientras que sólo 14 fueron detectados en las semillas. La fracción lipídica de las flores estuvo compuesta principalmente por insaturados (SFA; ~41%, debido al aporte de C16:0, C22:0 y C18:0), seguido de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA; 32,4 \pm 0,2-37,9 \pm 0,1%), α -linolénico (C18:3n3) y ácidos linoleicos (C18:2n6). Los frutos de *M. oleifera* eran abundantes en ácidos grasos monoinsaturados (AGMI; 49,0 \pm 0,1-55,0 \pm 0,6 %), particularmente los recolectados en huertos familiares de Quinhamel, Portugal, debido a los altos contenidos de ácido oleico (C18:1n9), seguido de SFA (31,3 \pm 0,2-33,4 \pm 0,5%), que predominó en las muestras de frutas de Bissau, dados los altos niveles de palmítico (C16:0), ácidos behénico (C22:0) y esteárico (C18:0). Los



MUFA también predominaron en las muestras de semillas ($73,1\pm 0,5 - 75,1\pm 0,2$ %), principalmente C18:1n9, pero también niveles menores de eicosenoico (C20:1) y ácidos palmitoleico (C16:1). En esta parte de la planta también se detectaron los SFA C16:0 y C22:0

Las semillas son ricas en elementos minerales, siendo especialmente una buena fuente de Ca en la dieta humana, el S estaba más concentrado en las semillas, superó los 2000 mg/100 g, seguido de K, P, Mg y Ca. Además, saponinas totales (146,92 169,82 mg GEs/g), fenólicos totales (37,07 40,75 mg GAE/g), flavonoides totales (6,85 8,43 mg REs/g) y contenidos de taninos condensados (2,74 5,28 mg CEs/g) se identificaron en diferentes extractos de semillas de *M. oleífera*. Los extractos de semillas exhibieron buenas actividades antioxidantes según lo evaluado por diferentes ensayos *in vitro*, que incluyen ácido 2,2-azino-bis-3-etilbenzotiazolína-6-sulfónico (ABTS), capacidad de eliminación de radicales 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) y ensayos de poder antioxidante reductor férrico (Gu *et al.*, 2020).

4 PROPIEDADES FARMACOLÓGICAS

Las propiedades farmacológicas de *M. oleífera* se han estudiado en busca de varias propiedades biológicas potenciales, como efectos cardioprotectores, antioxidantes, antivirales, antibacterianos, antidiabéticos y anticancerígenos (Azlan *et al.*, 2022). Sin embargo, uno de los aspectos más estudiados y publicados sobre la aplicabilidad de la *Moringa* en la alimentación son sus beneficios nutricionales, especialmente en poblaciones con una dieta baja en nutrientes esenciales (Hodas *et al.*, 2021). Esto se debe a que posee gran velocidad de crecimiento, facilidad de cultivo y puede desarrollarse en suelos afectados por la sequía. Esta planta muestra una amplia gama de beneficios y se considera como uno de los árboles más útiles (Rivero *et al.*, 2018).

Cada parte de *M. oleífera* tiene sus propios beneficios, y las partes más estudiadas son las hojas y las semillas. Se ha sugerido que el alto contenido de polifenoles en *M. oleífera* es uno de los factores que contribuyen significativamente a sus efectos beneficiosos para la salud. Los compuestos bioactivos de *M. oleífera* han presentado muchas propiedades medicinales notables con diversas actividades biológicas potenciales (Azlan *et al.*, 2022).

El control de la diabetes también se logra mediante el uso de algunos compuestos antidiabéticos que reducen los niveles de glucosa en sangre (Al-Ishaq *et al.*, 2019). La mayoría de las personas, especialmente en los países en desarrollo, recurren a la medicina tradicional para el tratamiento de la diabetes utilizando plantas medicinales (Feunaing *et al.*, 2022).

Los extractos de *M. oleífera* se han estudiado por sus posibles efectos hipoglucemiantes, hipolipidémicos, antioxidantes y antiinflamatorios. Inclusive, varios estudios en animales han evaluado el mecanismo de acción y función de *M. oleífera* en modelos de enfermedades crónicas como diabetes mellitus, ya que cada parte del árbol *M. oleífera* aporta una mezcla de nutrientes y sustancias



capaces de producir una diversa gama de efectos sobre el organismo (Vargas-Sánchez *et al.*, 2019). Un estudio realizado por Watanabe *et al.*, (2021) menciona que los niveles elevados de glucosa en sangre de los roedores con diabetes inducida se reducen significativamente mediante la administración oral diaria de extractos de *M. oleifera*.

La *M. oleifera* contiene varias sustancias asociadas con beneficios funcionales y medicinales. Estos compuestos pueden regular el control osmótico, las actividades enzimáticas y hormonales. A pesar del interés, el desarrollo de productos de *Moringa* enfocados en aplicaciones de salud tiene un impedimento clave: la falta de datos y evidencia clara de su eficiencia y seguridad, principalmente en enfermedades crónicas. Sin embargo, existe evidencia preclínica que puede estimular estudios más rigurosos. Actualmente, el uso terapéutico de *Moringa* se lleva a cabo en la medicina del sur de Asia (Hodas *et al.*, 2021).

El extracto metanólico de hoja de *M. oleifera* tiene efectos beneficiosos contra la broncoconstricción, la inflamación de las vías respiratorias y el asma. Otros estudios exploratorios pueden conducir a la identificación y aislamiento de posibles moléculas candidatas antiasmáticas de la planta (Suresh *et al.*, 2020),

la hoja de *M. oleifera* produjo beneficios contra la inflamación, broncoespasmo, degranulación de mastocitos, reacciones inmunes y reacciones anafilácticas, el extracto inhibe al mediador inflamatorio, histamina.

De la misma manera, en la Universidad de Malta, Cuschieri y colaboradores (2023) demostraron que los extractos de *M. oleifera* tienen efectos cerebroprotectores contra el evento cerebrovascular isquémico debido a que los derivados de la *M. oleifera* tienen efecto sobre el sistema nervioso y pueden actuar como agentes neuroprotectores reduciendo el estrés oxidativo, aunque aún se desconoce que derivados fitoquímicos del extracto de la *Moringa* tienen ese efecto potencial cerebroprotector.

4.1 EFECTO ANTIBACTERIANO

Las infecciones bacterianas son la causa más común de mastitis bovina, especialmente *Escherichia coli* (*E. coli*). La mastitis clínica puede diagnosticarse a través de síntomas visibles como ubre roja e hinchada o fiebre en el ganado lechero. Por lo tanto, se necesita el desarrollo de nuevas estrategias de control y prevención. Los casos graves pueden provocar la muerte de las vacas. Las respuestas de inflamación aguda inducidas por *E. coli* generalmente se deben a la endotoxina conocida como lipopolisacárido (LPS) presente en la membrana externa de las bacterias. El LPS es reconocido por el receptor tipo toll 4 (TLR4) que luego activa una serie de vías de señalización. Por lo que, Cheng y colaboradores (2019) examinaron si el extracto de hojas de *Moringa* podría tener efectos preventivos potenciales sobre las respuestas inflamatorias inducidas por el LPS, debido a su potencial efecto



antiinflamatorio y antioxidante utilizando células epiteliales mamarias de bovino. Dichos estudios demostraron que el extracto metanólico de hojas de *M. oleífera* tiene efectos beneficiosos en células epiteliales mamarias bovinas a través de sus propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y producción de caseína. Los datos sugieren que el extracto de *Moringa* podría ser un buen complemento alimenticio para proteger la ubre de vacas por respuestas inflamatorias debidas a mastitis.

En Andhra Pradesh, India, Syeda y colaboradores (2020) observaron buena acción antibacteriana frente a tres diferentes organismos *E.coli*, *Bacillus subtilis* (*B. subtilis*) y *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) en infusión acuosa de *M. oleífera*. La extracción y aislamiento del extracto crudo del vegetal fue Soxhlet, por análisis de cromatografía de gases/espectroscopia de masas (GC-MS); para el análisis antibacteriano se utilizaron como cepas bacterianas de referencia *E. coli* Gram negativo (MTCC 443) y dos Gram positivos *B. subtilis* (MTCC 441), *S. aureus* (ATCC 259323), las cepas bacterianas fueron cultivadas durante una noche a 37°C en medio Luria-Bertani (LB) y la actividad antibacteriana del extracto de *M. oleífera* se determinó utilizando el método de difusión en pozo.

De la misma manera, Fernandes y colaboradores (2020) investigaron la actividad antimicrobiana de extractos de *M. oleífera* frente a bacterias Gram-positivas *Bacillus cereus* (*B. cereus*), *S. aureus* y *Listeria monocytogenes* (*L. monocytogenes*), bacterias Gram-negativas *E. coli*, *Enterobacter cloacae* (*E. cloacae*) y *Salmonella typhimurium* (*S. typhimurium*), comparando la actividad antibacteriana del extracto con estreptomocina y ampicilina, antibióticos utilizados como controles positivos.

En otra investigación realizada en la India por Merugu y colaboradores (2020) se midió la actividad antibacteriana del extracto del fruto de *M. oleífera* sintetizada con nanopartículas de plata y cobre en una concentración de 20 mg contra *Pseudomonas putida* (*P. putida*), *B. subtilis*, *S. aureus*, *E. coli* y *Klebsiella pneumoniae* (*K. pneumoniae*); midiendo el halo de la zona de inhibición se encontró el 77% (*B. subtilis*), 82% (*S. aureus*), 76% (*E. coli*), 84% (*K. pneumoniae*), 80% (*P. putida*) en comparación con el antibiótico ampicilina a una concentración de 10 mg.

Sin embargo, en Perugia, Italia, Pagano y colaboradores (2020) realizaron ensayos antibacterianos con extracto hidroalcoholico de hoja en polvo de *M. oleífera* observando sensibilidad contra bacterias Gram-positivas: *S. aureus*, *Staphylococcus epidermidis* (*S. epidermidis*), *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) y *Streptococcus pyogenes* (*S. pyogenes*), mientras que no se observó actividad contra bacterias Gram-negativas ni con levaduras. A la concentración de 100 mg/ml, *S. aureus* es el más sensible que muestra el halo de inhibición más alto (30 mm) y también *S. epidermidis* y *S. pyogenes* mostraron una sensibilidad significativa (26 y 24 mm, respectivamente). Disminuyendo la concentración a 25 mg/ml con *S. epidermidis* resultó sensible, mientras que no se observó sensibilidad a 12,5 mg/ml y 6,25 mg/ml, respectivamente.



Asimismo, en la ciudad de Tanta, El-Gharbia Governorate, Egipto, se probó el efecto antimicrobiano del extracto acuoso de hojas de *M. oleifera* en enterobacterias transmitidas por los alimentos en la carne molida, las cuales fueron *E. coli* O157:H7, *Salmonella enterica* serovar *typhimurium*, y *S. aureus* (Abdallah *et al.*, 2023). El cultivo de cada cepa de patógeno se cultivó en caldo de triptona de soja y se incubó durante 24 h a 37°C. El recuento total de aeróbicos en placa y el recuento de enterobacterias podrían utilizarse como buenos indicadores para determinar la calidad y seguridad de la carne y de productos cárnicos.

4.2 ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA

Fernandes y colaboradores (2020) investigaron la actividad antifúngica de extractos de *M. oleifera* frente a *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium funiculosum*, *Penicillium achrochloron* y *Penicillium aurantiogriseum*, comparando la actividad antifúngica del extracto con ketoconazol y bifonazol, antifúngicos utilizados como controles positivos.

4.3 EFECTOS ANTIOXIDANTES DE *MORINGA OLEIFERA*

Particularmente, la hoja de *Moringa* es una fuente efectiva de antioxidantes naturales. Contiene varios compuestos antioxidantes, que incluyen ácidos fenólicos, flavonoides, vitamina C, tanino, saponina, fitato, oxalato, alcaloide, cardenólidos y glucósidos cardíacos (Cheng *et al.*, 2019).

La alta actividad antioxidante de *M. oleifera* a menudo se atribuye a la concentración de compuestos polifenólicos como los flavonoides (miricetina, quercetina y kaempferol) y ácidos fenólicos (ácido clorogénico, ácido cafeico y el más abundante, ácido gálico) (Nova *et al.*, 2020). Las actividades antioxidantes pueden ser beneficiosas en muchas aplicaciones, y mucha evidencia ha demostrado que los polifenoles dietéticos ayudan a aliviar las complicaciones de muchas enfermedades críticas, como el cáncer, las enfermedades cardíacas y la inflamación crónica que comúnmente están relacionadas con el estrés oxidativo (Azlan *et al.*, 2022).

Se realizaron en Andhra Pradesh, India, ensayos de antioxidantes *in vitro*, del extracto metanólico de *M. oleifera* con el método del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), ensayo del potencial reductor férrico (FRAP), eliminación del radical súper óxido (NO), tiempo de eliminación del peróxido de hidrógeno (H₂O₂); el orden en actividad antioxidante del extracto metanólico de *M. oleifera* fue FRAP>DPPH>NO>H₂O₂, el H₂O₂ con menor actividad antioxidante (51,4% al 200 mg/ml) (Syeda *et al.*, 2020).

La actividad antioxidante observada para *M. oleifera* es muy importante para favorecer el proceso de cicatrización de heridas protegiendo el tejido del daño oxidativo (Pagano *et al.*, 2020).



4.4 EFECTO HIPOGLUCEMIANTE

El efecto hipoglucemiante de las hojas de *M. oleifera* también se ha asociado con su contenido en fibra y la presencia de flavonoides y ácidos fenólicos a través de diferentes mecanismos (Nova *et al.*, 2020).

La *Moringa* se puede usar para tratar tanto la diabetes tipo 1 (la afección surge debido a la falta de producción de insulina) como la diabetes tipo 2 (el desarrollo de resistencia a la insulina en el cuerpo ocurre comúnmente a través del mal funcionamiento de las células β) (Arora & Arora, 2021).

Sin embargo, Taweerutchana y colaboradores (2017) concluyeron en su investigación que la hoja de *M. oleifera* no tuvo efecto sobre el control glucémico en la diabetes mellitus tipo 2; lo que sí se pudo demostrar es que el uso de *M. oleifera* no tuvo efectos adversos. Curiosamente, ese estudio demostró que la hoja de *M. oleifera* tenía una tendencia a la reducción de la presión arterial en pacientes con diabetes.

4.5 EFECTO ANTIINFLAMATORIO

La presencia de flavonoides como la quercetina hace que los extractos de hojas de *M. oleifera* sean un adecuado agente antiinflamatorio debido a la actividad de inhibición del factor nuclear- κ B (NF- κ B); además, se demostró que el extracto hidroalcohólico de hoja de *M. oleifera* es capaz de inhibir la secreción de óxido nítrico y marcadores proinflamatorios como la prostaglandina E2, factor de necrosis tumoral- α (TNF- α) e interleucina-6 (IL-6) (Pagano *et al.*, 2020).

5 PROPIEDADES NUTRICIONALES

Moringa oleifera es un árbol que por sus propiedades nutricionales tiene gran impacto como estrategia sustentable dentro de la Agenda 2030 de la ONU, dentro de su segundo objetivo de desarrollo sostenible (ODS) Hambre cero, la *M. oleifera* es un árbol prometedor en la solución de problemas de seguridad alimentaria, ya que actualmente es utilizada en la preparación de alimentos para consumo humano. La sostenibilidad alimentaria satisface las necesidades nutrimentales y el bienestar social de la población a nivel mundial para las generaciones del presente y del futuro.

Las hojas y semillas de *M. oleifera* se consumen frescas, en polvo o cocidas y contienen un perfil variado de nutrientes y compuestos que promueven la salud, como ácidos grasos, tocoferoles, β -caroteno y compuestos fenólicos. Los frutos son fibrosos y se utilizan tradicionalmente para tratar problemas digestivos y para prevenir el cáncer de colon (Fernandes *et al.*, 2020). Las hojas, semillas y vainas de la *M. oleifera* aseguran la alimentación porque se puede garantizar su productividad a pequeña y gran escala, es una práctica agrícola sostenible y resiliente. La agricultura de traspatio se puede generar en cada casa-habitación cultivando flores, hierbas aromáticas, hortalizas, árbol frutal y de ella obtenemos productos alimenticios orgánicos, nutricionales y de calidad. En cada huerto familiar



se estaría fomentando la cultura generacional de “sembrando vida”, asegurando así la disponibilidad a los alimentos.

Fernandes y colaboradores (2020) presentaron la composición proximal de las semillas, flores y frutos de *M. oleifera* recolectados en Quinhamel y Bisáu, Portugal, encontrando que los carbohidratos eran los componentes principales en todas las muestras estudiadas; en el fruto se detectaron los niveles más altos $71,91 \pm 0,04$ y $79,6 \pm 0,1$ g/100 g ps y los más bajos en semillas $38,85 \pm 0,03$ y $41,2 \pm 0,3$ g/100 g ps. Las proteínas ocupan el segundo lugar y las semillas muestran los niveles más altos ($30,0 \pm 0,6$ - $31,88 \pm 0,08$ g/100 g ps), seguido de la flor y el fruto. Estas dos últimas partes de la planta también presentaron un interesante contenido de cenizas (minerales totales), que osciló entre $19,83 \pm 0,01$ y $21,3 \pm 0,4$ g/100 g peso seco. Como era de esperar, las semillas tenían un mayor contenido de grasa ($\sim 26,3$ g/100 g de peso seco) que las otras partes comestibles de *M. oleifera*. Además, los frutos recolectados en Quinhamel se destacaron con un contenido de grasa significativamente mayor ($4,3 \pm 0,1$ g/100 g de peso seco) que los recolectados en Bissau ($2,67 \pm 0,06$ g/100 g peso seco).

El contenido de vitamina C de las hojas frescas de *Sajna* se determinó mediante un método titrimétrico. El contenido varió ampliamente entre los cultivos de *M. oleifera*, *Chaitali Myn* contenía el mayor contenido de vitamina C (278 mg/100 g), y el contenido de vitamina C de otros cultivos osciló entre $187,96$ y $212,50$ mg/100 g. El contenido mineral de las hojas de *Sajna* también varió entre los cultivos. El contenido de calcio fue determinado por un método titrimétrico. El mayor contenido de Ca se encontró en *Baromashi Myn* ($2,645$ g/100 g), seguido de *Chaitali Mym* ($2,164$ g/100 g). El contenido de fósforo se determinó mediante un método espectrofotométrico, *Barsali Joy* contenía la concentración de P más alta ($0,304$ g/100 g MS). Los contenidos de K se determinaron mediante un método fotométrico de llama, *Barsali Joy* también contenía el mayor contenido de K ($2,025$ g/100 g MS) (Sultana 2020).

El análisis cromatográfico permitió detectar y cuantificar azúcares como la fructosa, glucosa, sacarosa y trehalosa. En las semillas sólo se encontró glucosa y fructosa. Los niveles más altos fueron cuantificados en los frutos ($16,7 \pm 0,1$ – $18,8 \pm 0,2$ g/100 g pv), seguido de las flores ($11,1 \pm 0,1$ - $12,0 \pm 0,2$ g/100 g fw) y, por último, por las semillas con niveles significativamente más bajos ($1,32 \pm 0,09$ – $1,86 \pm 0,06$ g/100 g fw) (Fernandes *et al.*, 2020).

Respecto a los ácidos orgánicos, el análisis permitió identificar oxálico, málico, ascórbico, cítrico y ácidos fumáricos en muestras de flores y frutos de *M. oleifera*. Los ácidos cítrico y málico fueron los compuestos principales, mientras que sólo se detectaron trazas de ácido fumárico. El fruto recolectado en Bissau, Portugal contenía un nivel más alto de ácido ascórbico ($0,65 \pm 0,02$ g/100 g fw) que los de Quinhamel, Portugal el contenido total de ácidos orgánicos osciló entre $4,71 \pm 0,02$ - $5,75 \pm 0,02$ g/100 g pf en frutos a $5,85 \pm 0,01$ – $6,42 \pm 0,01$ g/100 g pf en flores. En las semillas de *M.*



oleifera se cuantificó ~10,5 g/100 g fw de ácido oxálico, aproximadamente el doble del contenido total de ácidos orgánicos que se encuentran en las otras dos partes de la planta. También se detectaron trazas de ácido fumárico (Fernandes *et al.*, 2020).

Recientemente, en Brazil, con enfoque multidisciplinario, Rodrigues y colaboradores (2023) elaboraron con extracto acuoso de *M. oleifera* Lam, de cinco marcas comerciales natural de origen portugués y brasileño, una bebida comercial con un enfoque multifacético, investigando la percepción del consumidor, evaluación sensorial, composición química y propiedades bioactivas. Los análisis realizados con la técnica analítica cromatografía líquida de alta resolución con detector de arreglo de diodos (HPLC-DAD), esta técnica permite la separación, identificación (por comparación con patrones) y cuantificación de las distintas especies químicas de una mezcla en solución. Los análisis revelaron una quimiovariación significativa en las composiciones fenólicas entre bebidas de *Moringa* comercial y una bebida soluble en polvo de *Moringa* mostrando esta última la mayor concentración de compuestos fenólicos y flavonoides, con potente poder de capacidad antioxidante. Sin embargo, esta muestra fue la menos preferida por los consumidores porque presentaban niveles elevados de Cd, superando los valores aceptables por la OMS de 0,3 mg/kg. En la evaluación sensorial fue agradable el sabor dulce y floral, al contrario, con los sabores herbáceos, la presencia de ácido, sabor amargo y formación de precipitado se consideraron atributos sensoriales desfavorables. Los consumidores manifestaron tener una sensación de salud, de bienestar, relajación y ocio con las bebidas de *Moringa*.

5.1 PROPIEDADES BIOACTIVAS DE *M. OLEÍFERA*

En Portugal, para evaluar las propiedades bioactivas de las diferentes partes comestibles de *M. oleifera*, se prepararon precocidos, extractos hidroetanólicos e infusiones. El fruto se preparó tradicionalmente como verdura culinaria, guisadas en curry y sopas. Por otra parte, las semillas y flores, las semillas maduras se fríen y se comen como maní y se añaden a las salsas por su sabor amargo. Las flores se cocinan y se consumen mezcladas con otros alimentos o fritos rebozados con mantequilla o aceite (Fernandes *et al.*, 2020).

En la India la *M. oleifera* es uno de los componentes principales de la dieta desde hace mucho tiempo, las hojas de la planta y el fruto se utilizan en la medicina tradicional y como verduras (Merugu *et al.*, 2020).

Recientemente, Nelwamondo y colaboradores (2023) realizaron la biosíntesis de nanopartículas de óxido de magnesio (MgO) y carbonato de calcio (CaCO₃) utilizando extracto de *M. oleifera* y su efectividad sobre el crecimiento, rendimiento y desempeño fotosintético de genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.) examinados a diferentes concentraciones de 50, 100 y 200 mg/L. Los hallazgos demostraron que la aplicación foliar de nanopartículas de MgO y CaCO₃ afectó positivamente la producción de biomasa de maní. Los resultados



revelaron que la concentración de 50 mg/L de MgO y 100 mg/L de CaCO₃ mejoró considerablemente el crecimiento, rendimiento y la productividad de las plantas de maní. Por lo que, la aplicación foliar de nanopartículas de 50 mg/L de MgO y 100 mg/L de CaCO₃ podría recomendarse como tasa de aplicación de nanofertilizantes para la producción de maní.

6 PROPIEDADES FUNCIONALES

El contenido de proteína cruda vario significativamente entre los diferentes cultivos de *M. oleifera*, oscilando entre 22,99 y 29,36%. El mayor contenido de proteínas se encontró en *Barsali Joy*, mientras que el más bajo se encontró en *Chaitali Myn*. *Chaitali Joy* contenía el mayor contenido de grasa cruda, mientras que *Baromashi Myn* tenía el contenido más bajo. El contenido de fibra fue más alto en *Chaitali Joy*, mientras que el más bajo fue encontrado en *Baromashi Myn*. En cuanto al contenido de carbohidratos entre los cultivos, no hubo variación significativa (Sultana 2020).

En Guangxi, China, Tang y colaboradores (2021) evaluaron el efecto del poder ultrasónico sobre la estructura y propiedades funcionales de la proteína soluble en agua extraída de semillas desgrasadas de *M. oleifera*. Los comportamientos indicaron que los ultrasonidos tuvieron un efecto significativo en la estructura terciaria de la proteína soluble en agua de la semilla de *M. oleifera*. Su solubilidad, propiedades espumantes y sus propiedades emulsionantes aumentaron primero y luego disminuyeron al aumentar la potencia ultrasónica. El tratamiento ultrasónico alteró sus propiedades funcionales, lo que podría ser

atribuido a la exposición del grupo hidrófilo y al cambio de estructura secundaria y terciaria. Por lo que, el tratamiento ultrasónico podría efectivamente mejorar la estabilidad térmica de las semillas de *M. oleifera*, resultados que proporcionan una base teórica útil para comprender el mecanismo del tratamiento con ultrasonido y así su aplicación potencial en el procesamiento de alimentos.

Se evaluaron *in vitro* extractos acuosos y etanólicos de hojas de *M. oleifera*, para conocer sus principales componentes activos y determinar sus actividades inmunoestimulantes, citotóxicas, antitumorales, bactericidas y antioxidantes. El análisis fitoquímico de los extractos mostró mayor cantidad de glucósidos fenólicos y cianogénicos en los extractos acuosos que en los etanólicos, caracterizados por varios flavonoides, taninos condensados y saponinas. Además, el extracto acuoso mostró marcado efecto citotóxico en las líneas celulares de fibroblastos SAF-1 (en dosis superiores a 0,01 mg mL⁻¹) y Cromatografía líquida de alto rendimiento PLHC-1 (en dosis superiores a 0,25 mg mL⁻¹). El extracto etanólico mejoró la viabilidad de las células SAF-1 y disminuyó la viabilidad de las células PLHC-1 cuando se usó en concentraciones más altas. Tanto el extracto etanólico como el acuoso mostraron actividad bactericida significativa sobre las cepas patógenas de *Vibrio anguillarum* y *Photobacterium damsela*. Los resultados en conjunto sobre las actividades citotóxicas, bactericidas



y antioxidantes de los extractos de hojas de *M. oleifera* apuntan a su posible uso como aditivos en dietas funcionales para peces en cultivo (García-Beltrán *et al.*, 2020).

Kotsou y colaboradores (2023) realizaron una investigación sobre la alimentación de la larva o gusano de la harina (*Tenebrio molitor*), certificado por la Agencia Europea para la Seguridad Alimentaria (EFSA) para consumo humano y se ha convertido en el alimento más sostenible que las fuentes de proteína tradicionales. Con la finalidad de aumentar su valor nutricional y convertirlas en un componente valioso de la dieta humana, se utilizaron hojas de *M. oleifera* en diferentes proporciones (hasta un 50%) como sustituto del salvado de trigo (el pienso habitualmente empleado), para evaluar su efecto sobre el crecimiento y desarrollo de las larvas, así como de su composición en proteína bruta, grasas y ácidos grasos, cenizas, vitaminas y antioxidantes. Se encontró que la adición de hojas de *M. oleifera* al alimento no tuvo impacto negativo en el desarrollo y supervivencia de los insectos, registrando un aumento en su valor nutricional en proteína bruta de hasta un 22,61% y contenido de vitamina C y A de hasta 40,74% y 491,63%, respectivamente. Por lo tanto, el uso de las hojas de *M. oleifera* como aditivo alimentario son muy recomendables para criar larvas para mejorar el valor nutricional de los insectos.

6.1 COMPOSICIÓN Y EFECTO COAGULANTE DE LAS SEMILLAS DE *M. OLEÍFERA*

Las semillas de *M. oleifera* fueron secadas, trituradas y tamizadas para eliminar partículas mayores a 0,85 mm (malla 20), y el polvo obtenido se denominó M1. El aceite extraído de las semillas fue la M2, la extracción del aceite se realizó mediante un extractor Soxhlet y n-hexano como disolvente a 70°C hasta masa constante. Los resultados revelaron que el contenido de ácidos grasos compuestos aromáticos y fenólicos de las muestras M1 y M2 disminuyeron después de la extracción del aceite 69,94±1,40% y 48,38±4,19%, respectivamente, valores que fueron consistentes con el perfil típico de las semillas oleaginosas y, por tanto, permitió clasificar las semillas de *M. oleifera* como material oleaginoso (Magalhães *et al.*, 2021). Las proteínas con propiedades coagulantes y floculantes, quedaron retenidas en el aceite extraído de las semillas. Para el tratamiento del agua mediante coagulación seguida de flotación con aire disuelto no fue significativamente diferente entre las dos muestras, y su eficiencia media de eliminación de aceite y grasa fue de aproximadamente 82,43±0,70%. Estos resultados confirman el uso prometedor de los residuos de semillas de *M. oleifera* para la eliminación de aceites y grasas de agua residual como alternativa más asequible, sostenible y natural (Magalhães *et al.*, 2021).

Al respecto, en una Universidad de Ethiopia, se ha mejorado la purificación del agua utilizando semillas de *M. oleifera* y pastas de extracto para la coagulación después de la filtración de aguas residuales (Dandesa *et al.*, 2023), se retiraron las semillas de la cáscara o la cubierta de la semilla, se trituraron las semillas de *M. oleifera* usando mortero para obtener un polvo fino y tamizar el polvo a



través de una malla pequeña. Se mezcló el polvo de las semillas polvo con una pequeña cantidad de agua desionizada para formar una pasta y luego se agitó durante 1 min para activar el coagulante, se filtra la solución con tela/malla para eliminar la parte/residuo insoluble de la pasta. Se agregaron diferentes dosis de pasta coagulante al agua residual, se hicieron pruebas en solución de turbidez sintética, PO_4^{-3} , F^- y Fe^{+3} , y se agitó a 120 rpm durante 1 min. Se dejó sedimentar durante 24 h para separar los flocos. Cuando las partículas se hayan depositado en el fondo, se puede obtener agua limpia, esta se transfiere a un tanque de filtración VSc® para su filtrado final y tener así agua completamente segura para beber.

6.2 APLICACIÓN INDUSTRIAL DE *M. OLEÍFERA*

En Sur África, Ngom y colaboradores (2020) trabajaron sobre la biosíntesis de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO-NP) utilizando extractos naturales de flor, semilla y hoja de *M. oleifera* como agentes quelantes y/o oxidantes/reductores del nitrato de zinc hexahidratado. Las propiedades estructurales y ópticas de las ZnO-NP obtenidas por las hojas son ligeramente diferentes a las obtenidas con los otros extractos. El tamaño promedio de los cristales de ZnO-NP calculados mediante análisis de difracción de rayos X son 13,2, 13,9 y 10,8 nm para las ZnO-NP sintetizadas por las flores, semillas y hojas, respectivamente.

Actualmente, en Zaragoza, España, se han desarrollado sistemas innovadores de envasado de alimentos para prolongar su vida de anaquel fabricados con residuos de la industria alimentaria y extracto etanólico y acetona de hojas de *M. oleifera* por su poder antioxidante, propiedad que la caracteriza por su elevado contenido fenólico (Barzan *et al.*, 2024), los extractos se incorporaron al empaque como recubrimientos o capas intermedias, ambos sistemas mostraron una protección significativa contra los radicales libres *in vitro* (poder antioxidante del 50%) y una prevención de más del 50% de la peroxidación lipídica de la carne molida durante 16 días mediante, analizado con mediciones directas de microespectroscopia Raman *in situ* técnica fotónica de alta resolución.

El árbol de *M. oleifera* ofrece múltiples beneficios, por lo que se requiere realizar más investigación para entender y aplicar sus constituyentes químicos, propiedades funcionales y poder desarrollar productos farmacológicos. Es buena opción para la búsqueda y aplicación nutricional, química, medicinal, industrial, agrícola, entre otras., en beneficio del ser vivo. En la industria alimentaria la *M. oleifera* puede ser un conservador natural de los alimentos, es un producto prometedor para utilizar aditivos naturales alimentarios.

7 CONCLUSION

La evidencia científica de las propiedades nutricionales, microbiológicas y farmacológicas de *Moringa oleifera* ofrece alternativas terapéuticas como antitumoral y sobre todo alimenticia, es un



árbol prometedor en la solución de problemas de seguridad alimentaria para el ser humano. La *M. oleífera* trae consigo la solución a problemas de la población en general como la desnutrición, contaminación ambiental, enfermedades que afectan a la humanidad.



REFERENCIAS

- Abdallah, R., Mostafa, N. Y., Kirrella, G. A. K., Gaballah, I., Imre, K., Morar, A., . . . & Elshebrawy, H. A. (2023). Antimicrobial Effect of *Moringa oleifera* Leaves Extract on Foodborne Pathogens in Ground Beef. *Foods*, 12(4). doi:10.3390/foods12040766
- Arora, S., & Arora, S. (2021). Nutritional significance and therapeutic potential of *Moringa oleifera*: The wonder plant. *Journal of Food Biochemistry*, 45(10). <https://doi.org/10.1111/jfbc.13933>
- Azlan, U. K., Abas, F., Rohani, E. R., Tong, X., Han, R., Misnan, N. M., Jam, F. A., Bunawan, H., Sarian, M. N., & Hamezah, H. S. (2022). A Comprehensive Review with Updated Future Perspectives on the Ethnomedicinal and Pharmacological Aspects of *Moringa oleifera*. *Molecules*, 27(18), 5765. <https://doi.org/10.3390/molecules27185765>
- Barzan, G., Sacco, A., Giovannozzi, A. M., Portesi, C., Schiavone, C., Salafranca, J., . . . & Rossi, A. M. (2024). Development of innovative antioxidant food packaging systems based on natural extracts from food industry waste and *Moringa oleifera* leaves. *Food Chem*, 432, 137088. doi:10.1016/j.foodchem.2023.137088
- Chen, R., Wang, X.-J., Zhang, Y.-Y., Xing, Y., Yang, L., Ni, H., & Li, H.-H. (2019). Simultaneous extraction and separation of oil, proteins, and glucosinolates from *Moringa oleifera* seeds. *Food Chemistry*, 300:125162. doi:10.1016/j.foodchem.2019.125162
- Cheng, W. N., Chang, H. J., Han, G. S., & Sung, G. H. (2019). *Moringa* Extract Attenuates Inflammatory Responses and Increases Gene Expression of Casein in Bovine Mammary Epithelial Cells. *Animals (Basel)*, 9(391):1-6 doi:10.3390/ani9070391
- Cuschieri, A., Camilleri, E., & Blundell, R. (2023). Cerebroprotective effects of *Moringa oleifera* derivatives extracts against MCAO ischemic stroke: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*, 9(6), e16622. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e16622
- Dandesa, B., Akuma, D. A., & Alemayehu, E. (2023). Water purification improvement using *Moringa oleifera* seed extract pastes for coagulation follow scoria filtration. *Heliyon*, 9(7), e17420. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e17420
- Elwekeel, A., Amir, D. E., Mohamed, E. E., Amin, E., Hassan, M. M., & Zaki, M. H. (2022). Characterization of Possible α -Glucosidase Inhibitors from *Trigonella stellata* Extract Using LC-MS and In Silico Molecular Docking. *Plants*, 11(2), 208. <https://doi.org/10.3390/plants11020208>
- Fernandes, Â., Bancessi, A., Pinela, J., Inês Dias, M., Liberal, Â., Calhelha, R. C., . . . Barros, L. (2020). Nutritional and phytochemical profiles and biological activities of *Moringa oleifera* Lam. edible parts from Guinea-Bissau (West Africa). *Food Chemistry*, 128229. doi:10.1016/j.foodchem.2020.128
- García-Beltrán, J. M., Mansour, A. T., Alsaqufi, A. S., Ali, H. M., & Esteban, M. Á. (2020). Effects of aqueous and ethanolic leaf extracts from drumstick tree (*Moringa oleifera*) on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) leucocytes, and their cytotoxic, antitumor, bactericidal and antioxidant activities. *Fish & Shellfish Immunology*. 106:44-55. doi:10.1016/j.fsi.2020.06.054
- Gu, X., Yang, Y., & Wang, Z. (2020). Nutritional, phytochemical, antioxidant, α -glucosidase and α -amylase inhibitory properties of *Moringa oleifera* seeds. *South African Journal of Botany*, 133, 151–160. doi:10.1016/j.sajb.2020.07.021



Hodas, F., Zorzenon, M. R. T., & Milani, P. G. (2021). *Moringa oleifera* potential as a functional food and a natural food additive: a biochemical approach. *Anais Da Academia Brasileira De Ciencias*, 93(suppl 4). <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120210571>

Feunaing, R. T., Tamfu, A. N., Gbaweng, A. J. Y., Magnibou, L. M., Ntchapda, F., Henoumont, C., Laurent, S., Talla, E., & Dinica, R. M. (2022). In Vitro Evaluation of α -amylase and α -glucosidase Inhibition of 2,3-Epoxyprocyandin C1 and Other Constituents from *Pterocarpus erinaceus* Poir. *Molecules*, 28(1), 126. <https://doi.org/10.3390/molecules28010126>

Kotsou, K., Chatzimitakos, T., Athanasiadis, V., Bozinou, E., Rumbos, C. I., Athanassiou, C. G., & Lalas, S. I. (2023). Enhancing the Nutritional Profile of *Tenebrio molitor* Using the Leaves of *Moringa oleifera*. *Foods*, 12(13). doi:10.3390/foods12132612

Magalhães, E. R. B., Fonseca de Menezes, N. N., Silva, F. L., Alves Garrido, J. W., Angélica dos Santos Bezerra Sousa, M., & Santos, E. S. dos. (2021). Effect of oil extraction on the composition, structure, and coagulant effect of *Moringa oleifera* seeds. *Journal of Cleaner Production*, 123902. doi:10.1016/j.jclepro.2020.123902

Merugu, R., Garimella, S., Velamakanni, R., Vuppugalla, P., Chitturi, K. L., & Jyothi, M. (2020). Synthesis, characterization and antimicrobial activity of bimetallic silver and copper nanoparticles using fruit pulp aqueous extracts of *Moringa oleifera*. *Materials Today: Proceedings*. doi:10.1016/j.matpr.2020.08.549

Nelwamondo, A. M., Kaningini, A. G., Ngmenzuma, T. Y., Maseko, S. T., Maaza, M., & Mohale, K. C. (2023). Biosynthesis of magnesium oxide and calcium carbonate nanoparticles using *Moringa oleifera* extract and their effectiveness on the growth, yield and photosynthetic performance of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes. *Heliyon*, 9(9), e19419. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e19419

Ngom, I., Ngom, B. D., Sackey, J., & Khamlich, S. (2020). Biosynthesis of zinc oxide nanoparticles using extracts of *Moringa Oleifera*: Structural & optical properties. *Materials Today: Proceedings*. doi:10.1016/j.matpr.2020.05.323

Nova, E., Redondo-Useros, N., Martínez-García, R. M., Gómez-Martínez, S., Díaz-Prieto, L. E., & Marcos, A. (2020). Potential of *Moringa oleifera* to Improve Glucose Control for the Prevention of Diabetes and Related Metabolic Alterations: A Systematic Review of Animal and Human Studies. *Nutrients*, 12(7), 2050. <https://doi.org/10.3390/nu12072050>

Ogundipe, A., Adetuyi, B. O., Iheagwam, F. N., Adefoyeke, K., Olugbuyiro, J., Ogunlana, O. E., & Ogunlana, O. O. (2022a). In Vitro Experimental Assessment of Ethanolic Extract of *Moringa oleifera* Leaves as an α -Amylase and α -Lipase Inhibitor. *Biochemistry Research International*, 2022, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2022/4613109>

Pagano, C., Perioli, L., Baiocchi, C., Bartoccini, A., Beccari, T., Blasi, F., ... Ricci, M. (2020). Preparation and characterization of polymeric microparticles loaded with *Moringa oleifera* leaf extract for exuding wound treatment. *International Journal of Pharmaceutics*, 119700. doi:10.1016/j.ijpharm.2020.119700

Rivero, C. L., Quiñones-Gálvez, J., Martinez, A., Ortiz, C. C. C., Paneca, M. R., Valdéz, G. a. C., Gómez, L. P., La Rosa González, S., & Ruiz, Y. C. (2018). Obtención de extractos fenólicos foliares de *Moringa oleifera* Lam mediante el uso de diferentes métodos de extracción. *Bioteología Vegetal*, 18(1). <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/download/575/pdf>



Rodrigues, J. F., Soares, C., Moreira, M. M., Ramalhosa, M. J., Duarte, N. F., Delerue-Matos, C., & Grosso, C. (2023). *Moringa oleifera* Lam. Commercial Beverages: A Multifaceted Investigation of Consumer Perceptions, Sensory Analysis, and Bioactive Properties. *Foods*, 12(11). doi:10.3390/foods12112253

Sultana, S. (2020). Nutritional and functional properties of *Moringa oleifera*. *Metabol Open*, 8, 100061. doi:10.1016/j.metop.2020.100061

Suresh, S., Chhipa, A. S., Gupta, M., Lalotra, S., Sisodia, S. S., Baksi, R., & Nivsarkar, M. (2020). Phytochemical analysis and pharmacological evaluation of methanolic leaf extract of *Moringa oleifera* Lam. in ovalbumin induced allergic asthma. *South African Journal of Botany*, 130, 484–493. doi:10.1016/j.sajb.2020.01.046

Syeda, A. M., & Riazunnisa, K. (2020). Data on GC-MS analysis, in vitro anti-oxidant and anti-microbial activity of the *Catharanthus roseus* and *Moringa oleifera* leaf extracts. *Data in Brief*, 105258. doi:10.1016/j.dib.2020.105258

Tang, S.-Q., Du, Q.-H., & Fu, Z. (2021). Ultrasonic treatment on physicochemical properties of water-soluble protein from *Moringa oleifera* seed. *Ultrasonics Sonochemistry*, 71, 105357. doi:10.1016/j.ultsonch.2020.105357

Vargas-Sánchez, K., Garay-Jaramillo, E., & González-Reyes, R. E. (2019a). Effects of *Moringa oleifera* on Glycaemia and Insulin Levels: A Review of Animal and Human Studies. *Nutrients*, 11(12), 2907. <https://doi.org/10.3390/nu11122907>

Wang, F., Long, S., Zhang, J., Yu, J., Xiong, Y., Zhou, W., ... Jiang, H. (2020). Antioxidant activities and anti-proliferative effects of *Moringa oleifera* L. extracts with head and neck cancer. *Food Bioscience*, 100691. doi:10.1016/j.fbio.2020.100691

Watanabe, S., Okoshi, H., Yamabe, S., & Shimada, M. (2021). *Moringa oleifera* Lam. in Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Molecules*, 26(12), 3513. <https://doi.org/10.3390/molecules26123513>

Zainab, B., Ayaz, Z., Alwahibi, M. S., Khan, S. A., Rizwana, H., Soliman, D. S., Alawaad, A. S., & Abbasi, A. M. (2020). In-silico elucidation of *Moringa oleifera* phytochemicals against diabetes mellitus. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(9), 2299–2307. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.04.002>