



CIENCIAS AGRARIAS Y DE LA PESCA

Artículo original de investigación

***Moringa oleifera* Lam. como alimento funcional en Cuba: bases científicas**

Concepción Campa Huergo ¹ <https://orcid.org/0000-0002-9640-7545>

Vivian Lago Abascal ¹ <https://orcid.org/0000-0002-3229-1872>

Ernesto Almora Hernández ¹ <https://orcid.org/0000-0002-1431-7004>

Ana María Rodríguez Bouza ¹ <https://orcid.org/0000-0002-6408-8502>

Olga Alicia Echemendía Arana ¹ <https://orcid.org/0000-0002-2916-1524>

Raisa Monteagudo Borges ¹ <https://orcid.org/0000-0002-4926-8783>

Efraín Rodríguez Jiménez ^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-8315-4413>

¹ Centro de Investigaciones en Plantas Proteicas y Productos Bionaturales. La Habana, Cuba

*Autor en correspondencia: efrainrodriguez@infomed.sld.cu

Editor

Lisset González Navarro
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

Traductor

Darwin A. Arduengo García
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

RESUMEN

Introducción: Moringa posee altos contenidos de macromoléculas y principios activos que son fuente para alimentos funcionales. Las innovaciones agrícolas y tecnológicas aplicadas en la agroindustria de moringa marcan pautas que indican que beneficia a los consumidores que requieren de un sistema de alimentación con más calidad y con mayor confianza.

Objetivos: Establecer las bases científicas para el uso de *Moringa oleifera* Lam. como alimento funcional en Cuba. **Métodos:** El estudio agrícola se desarrolló en la granja Futuro Lechero. Los análisis bromatológicos se realizaron por espectroscopía de infrarrojo cercano, cromatografía de capa fina y cromatografía líquida de alta presión. Los efectos biológicos se acometieron por **métodos espectrofotométricos** y técnicas clásicas. **Resultados y Discusión:** Las innovaciones en el eslabón agroindustrial disminuyeron la carga microbiológica a menor o igual que 10³. Los pigmentos no mostraron diferencias significativas para los marcos de siembra evaluados. Con un incremento del metabolismo en las densidades desde 10 000 plantas/ha hasta 42 000 plantas/ha. Se obtuvo por primera vez 2 normas cubanas (NC 1344:2020 y 1374:2020) para la obtención de productos de moringa, inocuos para consumo humano con sus especificaciones de calidad. Se demostró la consistencia bromatológica y proteica superior al 30 % sin diferencias por época del año, ni ecotipo estudiado, con valor de 1,98 % del principio activo de isoquercitina que enmarcó los resultados positivos de efectos biológicos. **Conclusiones:** La tecnología agroindustrial desarrollada con buenas prácticas de producción, calidad e inocuidad, permitió la preservación de los contenidos de metabolitos presentes en la planta con actividad biológica y la elaboración de productos a base de *Moringa oleifera* Lam. como alimento funcional.

Palabras clave: alimento funcional; antioxidante; isoquercitina; *Moringa oleifera*; metabolitos secundarios



Moringa oleifera Lam. as functional food in Cuba: scientific bases

ABSTRACT

Introduction: Moringa has high contents of macromolecules and active ingredients that are a source for functional foods. The agricultural and technological innovations applied in the Moringa agroindustry set the guidelines that benefits consumers who require a food system with higher quality and greater confidence. **Objectives:** To establish the scientific bases for the use of *Moringa oleifera* Lam. as functional food in Cuba. **Methods:** The agricultural study was developed at the Futuro Lechero farm. Bromatological analyzes were performed by near infra-red spectroscopy, thin layer chromatography and high-pressure liquid chromatography. The biological effects were evaluated by spectrophotometric methods and classical techniques. **Results and Discussion:** Innovations done in the Moringa agroindustry decreased the microbiological load under or equal to 10^3 . The pigments did not show significant differences for the planting frames evaluated. There was an increase in metabolism in densities from 10,000 plants/ha to 42,000 plants/ha. Two Cuban standards (NC 1344:2020 and 1374:2020) were elaborated for the first time to obtain safe Moringa products for human consumption with their quality specifications. Bromatological and protein consistency greater than 30% was demonstrated without differences neither by season of the year, nor by ecotype studied, with a value of 1.98% of the active principle of isoquercetin that confirmed the positive results of biological effects. **Conclusions:** The agroindustrial technology developed with good practices of production, quality and harmlessness, allowed the preservation of the contents of metabolites present in the plant with biological activity and the production of products based on *Moringa oleifera* Lam. as functional food.

Keywords: functional food; antioxidant; isoquercetin; *Moringa oleifera*; secondary metabolites

INTRODUCCIÓN

Moringa oleifera es la especie más estudiada de las 13 plantas que pertenecen al género *Moringa*.⁽¹⁾ Los productos naturales poseen principios activos biológicamente equilibrados mediante compuestos potenciados entre ellos que proporcionan efectos biológicos balanceados y menos indeseables.⁽²⁾ En Cuba el cultivar Criolla de moringa ya existía como árbol empleado para postes vivos y sus flores se utilizaban para infusión sedante (tilo blanco). Sin embargo, no había sido estudiada sobre bases científicas.

Moringa posee altos contenidos de proteínas, fibras, carbohidratos, aminoácidos, vitaminas, minerales y la presencia de metabolitos secundarios que la hacen una fuente de materias primas para la industria alimentaria.⁽²⁾ Posee alto valor nutricional y efectos biológicos antimicrobianos, antioxidantes, antiinflamatorios, hipolipidémicos y antidiabéticos. Existen varios estudios que manifiestan y apoyan su clasificación como alimento funcional.^(3,4,5,6,7,8)

Alimentos funcionales son aquellos que, además de poseer valor nutricional, contienen ingredientes activos que propician

beneficios y funciones en el cuerpo y proporcionan bienestar y salud en la reducción del riesgo de enfermedades.⁽⁹⁾ El desarrollo de éstos y la ciencia asociada marcan pautas en la investigación para generar alimentos que cubran necesidades o beneficios. En este sentido los alimentos funcionales son respuestas a la necesidad de salud y la principal razón de la ciencia es buscar opciones que mejoren la calidad de vida de la población.⁽¹⁰⁾

Como parte de la seguridad alimentaria la industria alimenticia debe disponer de requerimientos adecuados en el sistema de calidad que ofrezcan confianza a los consumidores. Materias primas libres de parásitos, microorganismos indeseables, plaguicidas, sustancias tóxicas o extrañas que cumplan las normas cubanas, así como garantizar que no absorban humedad del ambiente lo que disminuye la probabilidad de contaminación microbiana.^(11,12) El conocimiento de los principios, componentes y factores que influyen sobre la eficiencia de estos criterios mejora el entendimiento para su aplicación.⁽¹³⁾ El objetivo del presente trabajo fue establecer las bases científicas para el uso de *Moringa oleifera* Lam. como alimento funcional en Cuba.

MÉTODOS

El material vegetal utilizado correspondió a los ecotipos Criolla, Nicaragua, Plain y Supergenius de la especie *Moringa oleifera* Lam. 1783, género *Moringa*, familia *Moringaceae*, reino *Plantae*. El primero de los 4 ecotipos se encuentra en Cuba desde el siglo XIX, mientras el segundo fue importado de Nicaragua en 2013 y los 2 últimos de la India. Todos son conservados en el Banco de Germoplasmas El Pitirre, Los Palacios, Pinar del Río, perteneciente al CIPB.

Los cultivos se desarrollaron en la finca Futuro Lechero, municipio Playa, coordenadas 23° 04' 20" N y 82° 29' 20" E. Como base de las investigaciones "Moringa como suplemento nutricional" las plantaciones se establecieron según la tecnología para la producción agrícola de moringa presentada al Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz, como resultado de las investigaciones realizadas por centros de investigaciones cubanos, a la que se realizó innovaciones. ⁽¹⁴⁾

Evaluación de diferentes densidades de cultivo de *Moringa oleifera*

Se realizó para las densidades 10 000 (M1), 20 000 (M2), 33 000 (M3) y 42 000 (M4) plantas/ha. El contenido de los metabolitos involucrados en la condición de alimento funcional y de pigmentos, polifenoles y flavonoides se determinó como se describe en Lago. ⁽¹⁵⁾

Obtención de las hojuelas secas y el polvo de hojuelas de moringa

Las innovaciones a la tecnología agrícola consistieron en la recolección manual de las hojas de la planta, con la aplicación de buenas prácticas agrícolas y de manufactura (uso de mantas en el campo para la colocación de cajas plásticas higienizadas con soluciones antimicrobianas, colocación de las hojas en las cajas plásticas y su traslado en vehículo cerrado al lugar de procesamiento industrial). También se estableció el crecimiento de las plantas hasta 1,75 m; ciclos de cosecha con intervalos entre (45-60) días y posterior a la colecta de las hojas, la poda inmediata de la planta a la altura entre (30-50) cm del suelo.

Las innovaciones a la tecnología industrial consistieron en la separación de forma manual de las hojuelas y los raquis (despalille), el posterior lavado mecanizado de las hojuelas en máquina lavadora automática Turatti (modelo 437-02-000-00, Italia) y el escurrido en centrífuga Tornado (modelo 1615-004-000-02, Italia) en sustitución del lavado manual de las hojas por inmersión en agua y posterior despalille. El lavado se realizó en porciones de 2 kg a 5 kg de las hojuelas colocadas en cestas, pasando por 3 secciones independientes con 50 litros de agua cada una y tiempo programado de borboteo de 30 segundos.

Otra innovación consistió en el secado de las hojuelas en hornos solares (CONA, Austria) con calentamiento del aire en paneles solares y control de la temperatura a 40 °C. Las hojuelas se esparcieron a razón 1 kg en bandejas higienizadas y el tiempo de secado fue 12 horas. Esto sustituyó el secado sobre bastidores en casa termoplastificada, durante 18 horas, sin control de temperatura y humedad. El secado de las hojuelas se controló mediante la medición del porcentaje de humedad hasta 10 % en balanza termogravimétrica Sartorius (modelo MA37-1, Alemania). Las hojuelas secas se conservaron a razón de 3 kg-4 kg en bolsas de nylon y se guardaron en tanques plásticos con cierre hermético en espera del resultado microbiológico de control de calidad. El polvo de las hojuelas secas se obtuvo mediante las molidas sucesivas en molino de cuchillas, Retsch GMBH (modelo S300, Alemania). Primero por tamiz 2 mm y posteriormente por 0,5 mm.

Bromatología de las hojuelas de moringa

El tamizaje fitoquímico se realizó por la metodología clásica de fraccionamiento con solventes de diferentes polaridades (n-hexano, etanol y agua) según Miranda. ⁽¹⁶⁾ La presencia de isoquercitina se determinó por cromatografía de capa fina (CCF) según Wagner y la cuantificación por cromatografía líquida de alta presión (HPLC). ^(17,14) Se utilizó el sistema Shimadzu con fase móvil Acetonitrilo/H₃PO₄ (15:85) en agua pura 0,1 % (v/v), columna Ascentis C18 (25 cm x 4,6 mm x 5 µm) (Supelco Scientific), como describe Lago. ⁽¹⁸⁾

Evaluación de los efectos biológicos en moringa

El efecto antimicrobiano de las hojuelas secas de moringa frente a 15 cepas bacterianas se determinó por el método de microdilución como describe Lago. ⁽³⁾ Los análisis se realizaron por triplicado, expresando la media aritmética, según la USP40 2017. ⁽¹⁹⁾ La capacidad antioxidante se realizó por el test espectrofotométrico con 1,1-difenilpicrilhidracina, ferrozina y malondialdehído (DPPH), según Lago. ^(4,5,20) El efecto antiinflamatorio se evaluó según los métodos de granuloma inducido por la mota del algodón y del edema plantar por la administración de carragenina, descritos en Lago. ⁽⁶⁾

La evaluación del efecto hipolipidémico se realizó en modelo animal inducido con Tyloxapol según Lago. ⁽⁷⁾ El estudio antidiabético se efectuó por los métodos de inhibición de α-amilasa y α-glucosidasa, según describe Lago. ⁽²⁰⁾ La toxicidad aguda oral se realizó por el método clásico tóxica aguda según la norma N° 423 de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD) y el efecto mutagénico se evaluó por el test de Ames, según la norma N° 471 de la OECD. ^(21,22) Estos 2 ensayos fueron contratados al Centro Nacional para el Desarrollo de Medicamentos (Cidem), La Habana.

Formulación y evaluación sensorial de alimentos funcionales con moringa

Como alimentos funcionales se desarrollaron infusiones de hojuelas secas de moringa en formatos de 30 g y 100 g, dispensadas en bolsas de nylon sobre balanza técnica Sartorius (modelo BS 124S, Alemania). Se elaboraron cápsulas de gelatina dura de formato "0" con 400 mg de polvo de hojuelas secas. Se empleó la encapsuladora CAP-TECH (modelo CT-25, India). Se confeccionaron galletas de arroz integral suplementadas con moringa en maquina Rice Cake Machine (modelo XP- cake 6, RP China) como describe Almora. ⁽²³⁾ Se conformaron barras energéticas de polvo de moringa con arroz integral extruído en la máquina industrial laminadora y cortadora (modelo LT-6000, Shandong Light, R.P. China), a partir de una mezcla que además contiene sirope de sacarosa invertida, lecitina y miel. El arroz integral se procesó en la extrusora de arroz (modelo LT-50, Shandong Light, R.P. China). El análisis sensorial de los productos se realizó según Almora. ⁽²⁴⁾

Análisis estadístico

El procesamiento estadístico se realizó mediante el programa del SPSS 23.

RESULTADOS

Las innovaciones introducidas en el eslabón agrícola disminuyeron la carga microbiológica a menor e igual que 103 a la entrada del procesamiento industrial. La innovación en el proceso industrial de lavado de las hojuelas sin raquis permitió mantener reducida la carga microbiana. La introducción de la centrifugación garantizó el escurrimiento de las hojuelas que favoreció la reducción del tiempo de secado. El uso de hornos para el secado en bandejas permitió reducir el tiempo de secado de las hojuelas de (18 a 12) horas con control de humedad y temperatura controlada a 45 °C.

Todas estas innovaciones (figura 1) permitieron disminuir la carga microbiológica en un orden de mayor e igual que 104 UFC/g a menor e igual que 103 UFC/g y posibilitaron el cumplimiento de indicadores en el conteo total de aerobios menor e igual que 107 UFC/g, hongos menor e igual que 104 UFC/g, *E. coli* menor e igual que 103 UFC/g, enterobacterias totales menor e igual que 103 UFC/g, mientras que *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomona aeruginosa* fueron 0 UFC/g.

Los elementos antes expresados condujeron a la obtención por primera vez en Cuba de la Norma cubana NC 1344:2020 "Código de prácticas de higiene para productos naturales a partir de Moringa oleifera para consumo humano". ⁽²⁵⁾ Esta norma comprende el proceso en la cadena de valor (figura 2), desde la producción primaria agrícola en el campo, hasta el almacenamiento del producto elaborado y establece las condiciones de higiene para la obtención de productos naturales inocuos y aptos para el consumo humano.

El comportamiento de la carga microbiana y los estándares de calidad en la composición de macro elementos de las hojuelas se evaluó en un total de 48 lotes de hojuelas secas de los años 2019 y 2020. Esto posibilitó introducir especificaciones de calidad con límites y criterios de aceptación; como características organolépticas y sensoriales de las hojuelas secas se incluyó la apariencia de las hojuelas que son delgadas u ovaladas, pequeñas, frágiles, finas, lisas y libre de materias extrañas. La textura suave y no muy crujiente. El color verde oscuro a verde amarillento. El sabor suavemente picante y el olor a hierba seca y ligero, característico de la especie. Los límites de aceptación fisicoquímicas para la humedad menor e igual que 12 % y para proteínas entre 25,0 % y 38,0 %. El criterio de especificación microbiológica para coliformes totales se estableció como límite menor e igual que 103 UFC/g.

Las especificaciones organolépticas del polvo de las hojuelas secas confieren apariencia fina, libre de materias extrañas y de textura suave. Color verde oscuro, sabor a vegetal

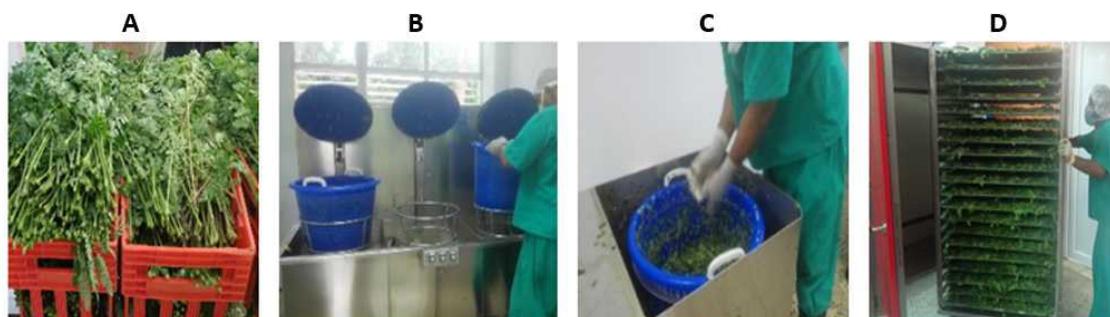


Fig. 1. Innovaciones al procesamiento A) hojas cosechadas en cajas plásticas sobre mantas, B) lavado de las hojuelas, C) centrifugación de las hojuelas y D) secado de las hojuelas en horno

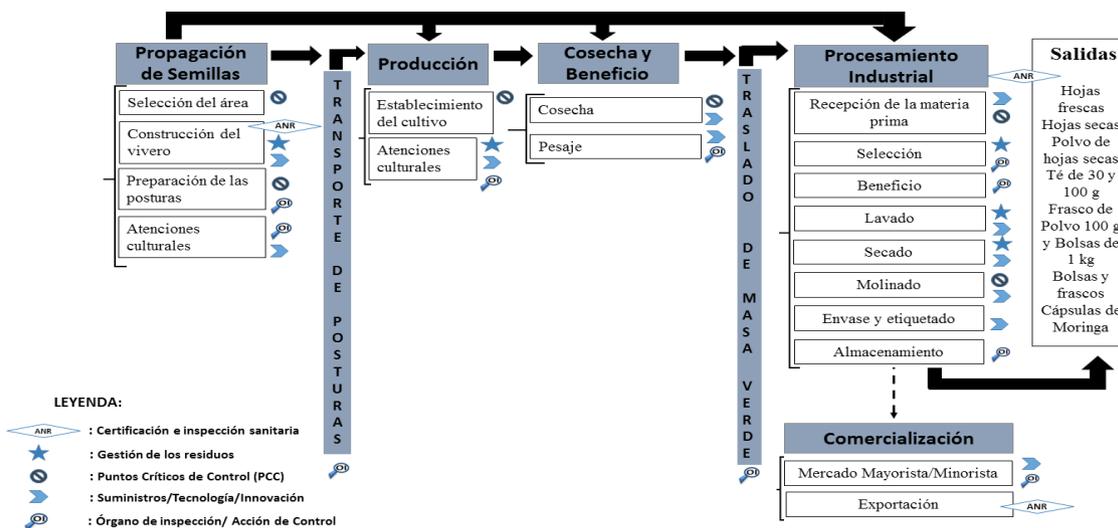


Fig. 2. Cadena de valor del procesamiento agroindustrial de moringa para consumo humano

neutro, e intenso al paladar. El olor es neutro parecido al de las plantas herbáceas como el perejil y hierbas como heno y laurel. Los límites de aceptación fisicoquímicos se establecieron para la humedad menor e igual que 10 % y para proteínas entre 25,0 % y 38,0 %. Mientras el criterio microbiológico para el conteo total de aerobios menor e igual que 103 UFC/g, para hongos y levaduras menor e igual que 102 UFC/g, coliformes totales menor e igual que ≤ 10 UFC/g, ausencia de *Salmonella* spp. y para *E. coli* menor e igual que 10.

El establecimiento de estas especificaciones de calidad para las hojuelas secas y el polvo de hojuelas secas condujo a la elaboración de una segunda norma para el proceso. La Norma cubana NC 1374:2022 "Productos naturales a base de *Moringa oleifera* Lam. especificaciones"; establece la guía de particularidades que deben cumplir todos los productos naturales elaborados a partir de *Moringa oleifera* Lam. para el consumo humano y su comercialización. ⁽²⁶⁾ El documento de esta norma incluye una base de datos de los valores del contenido de proteína de 68 lotes de hojuelas secas y polvo de hojuelas secas evaluados. El valor de proteínas siempre fue superior a 30 %, independientemente del ecotipo de moringa y el período del año en que se realizó el cultivo.

Esta norma es aplicable a los productos naturales que han sido sometidos al proceso de beneficio para la obtención de hojuelas secas de *Moringa oleifera* Lam. y a las de uso como materia prima en la fortificación de productos alimenticios. Las innovaciones realizadas mostraron una mejora en la carga microbiológica contaminante desde la producción agrícola hasta el procesamiento industrial y por

consiguiente la consistencia del proceso de obtención de las hojuelas secas de moringa en cuanto a su calidad para el consumo humano.

Evaluación de diferentes densidades de cultivo de *Moringa oleifera*

El estudio de evaluación agrícola realizado al cultivo en diferentes densidades mostró que los contenidos de los pigmentos fotosintéticos clorofila, β -carotenos, carotenoides y antocianinas en las hojuelas (figura 3) no mostraron diferencias significativas para las densidades evaluadas, desde 10 000 hasta 42 000 plantas/ha.

Se observó que con el incremento de las densidades de plantación aumentó el metabolismo primario de los procesos biosintéticos del almidón y lípidos (tabla 1). El metabolismo secundario aumentó hasta la densidad de plantación M3. En el caso de la densidad de M4 se requiere profundizar en la razón fisiológica que provocó la reducción de estos compuestos (tabla 1)

Los resultados permitirán incursionar en una etapa con altas densidades de plantación, sin perder los contenidos de los principios activos que justifican el uso de moringa como alimento funcional, pudiendo pasar de la cosecha manual de las hojas a la mecanizada.

Bromatología de las hojuelas

El tamizaje fitoquímico evidenció la presencia en la extracción etérea de aceites, grasas y triterpenos/esteroides y alcaloides en las hojuelas de los ecotipos estudiados. La extracción etanólica mostró una fuerte presencia de triterpenos/esteroides,

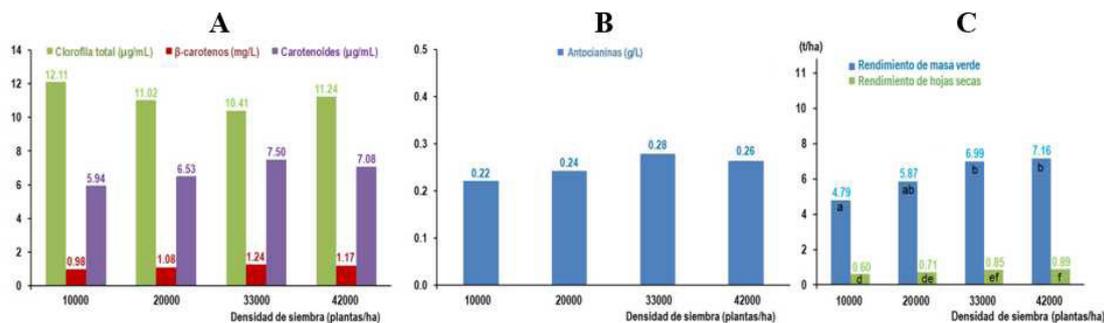


Fig. 3. Comportamiento de: A) pigmentos, B) antocianinas y C) rendimiento agrícola y del procesamiento industrial. Nota: Letras desiguales significan diferencia para $p < 0,05$.

fenoles y taninos, aminoácidos, azúcares reductores y alcaloides, mientras la fase acuosa mostró la presencia de azúcares reductores, fenoles, taninos y flavonoides. No se detectó en ninguno de los ecotipos la presencia de saponinas, glucósidos cardiotónicos, esteroides, quinonas, resinas, lactonas ni cumarinas.

De acuerdo a la fuerte presencia que manifestó la fracción etanólica en compuestos fenoles y taninos se realizó la corrida de CCF en la que las bandas de las longitudes de ondas 254 nm y 365 nm correspondieron al patrón de isoquercitina, con valor Rf igual a 3,4. La cuantificación por HPLC corroboró la presencia de este metabolito. El análisis reveló la existencia de un pico mayoritario con tiempo de elución de 30 min para el extracto etanólico de hojuelas secas, similar al del patrón de isoquercitina (figura 4).

Evaluación de los efectos biológicos en las hojuelas

La concentración mínima letal (CML) realizada a extractos acuosos de las hojuelas secas de moringa inhibió la pro-

liferación del 46,66 % de las cepas estudiadas, mientras que los extractos hidroalcohólicos inhibieron el 100 %. La CML alcanzó valores de 3,13 mg/g. El efecto antiinflamatorio del polvo de hojuelas secas redujo significativamente el peso del granuloma en el ratón en comparación con el grupo control (dexametazona). En el modelo de carragenina se redujo el edema en la fase inicial y en la fase más tardía.

El efecto hipolipidémico del polvo de hojuelas secas en cuanto a los niveles de triglicéridos en los ratones, no mostró cambios y fue similar a la atorvastatina. El tratamiento continuado con moringa redujo el colesterol malo (LDL) y aumento el colesterol (HDL). La evaluación antidiabética "in vitro" mostró que esta planta posee actividad inhibitoria de la enzima xantina oxidasa y α -glucosidasa.

El potencial mutagénico del polvo de hojuelas secas no evidenció incrementos significativos de la frecuencia de revertantes para las cepas TA 98 y TA 100 con respecto al control negativo en las dosis ensayadas. No fue evidente una

Tabla 1. Análisis bromatológico y acumulación de metabolitos secundarios en hojuelas secas de moringa según densidad del cultivo

Densidad (plantas/ha)	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Ceniza (%)	Almidón (%)	Polifenoles (mg eq. Ac. gálico/g extracto b.s)	Flavonoides (mg eq. Q/g extracto b.s)
10 000 (M1)	8,9	32,3	10,9 a	6,0	11,3	0,6 a	72,81 ± 8,63 c	65,38 ± 4,10 f
20 000 (M2)	8,7	31,7	12,2 b	5,8	11,0	0,6 a	185,87 ± 60,39e	139,96 ± 80,74 g
33 000 (M3)	8,8	33,1	12,1 b	4,5	11,2	0,6 a	170,51 ± 34,60 e	154,72 ± 34,18 g
42 000 (M1)	8,8	31,1	12,5 b	5,5	11,2	1,2 b	98,50 ± 4,76 d	82,55 ± 2,43 f

Nota: Resultados del ANOVA. Levene, varianzas no homogéneas. Polifenoles, Brown-Forsythe: 19,490; Games-Howell: Flavonoides, Brown-Forsythe: 11,195; Games-Howell. Letras desiguales significan diferencia para $p < 0,05$

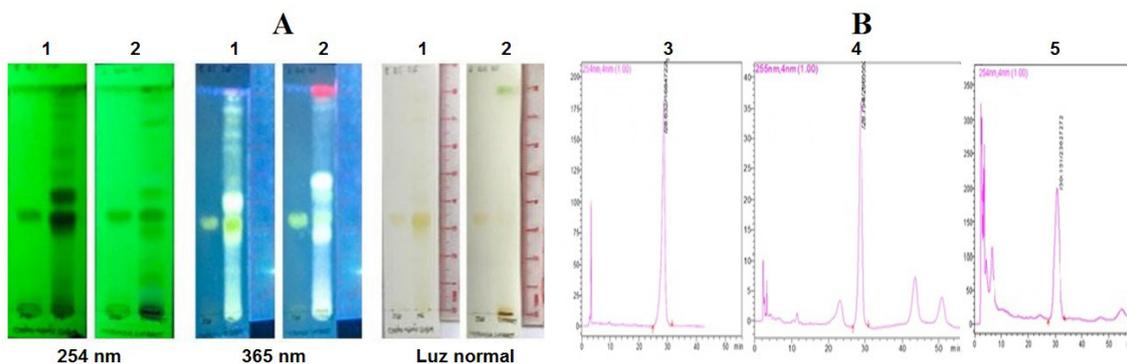


Fig. 4. A) Identificación de isoquercitina en hojuelas: A) por CCF y B) por HPLC. Nota. (1) extracto etanólico, (2) extracto etanólico 70 % (v/v) y (3) patrón de isoquercitina

respuesta dependiente de la concentración. El examen toxicológico no mostró alteraciones patológicas en el análisis microscópico de los órganos de los grupos evaluados. Esto constató que las hojuelas de moringa no presentan signos de toxicidad a dosis de 1334 mg/kg, que enmarcó la dosis letal media (DL_{50}) entre 2000 mg/kg y 5000 mg/kg.

Se demostró que la tecnología agroindustrial empleada es inocua y conservó la presencia de los metabolitos biológicos activos dentro del eslabón de procesamiento de la cadena de valor (ver figura 2). Fundamentado en estos resultados se desarrollaron productos dentro del eslabón de la cadena de valor a partir de las hojuelas secas, el polvo de hojuelas secas y el extracto de hojas frescas, con aceptabilidad de los consumidores.

Formulación y evaluación sensorial de alimentos funcionales con moringa

A partir de las hojuelas secas obtenidas por la tecnología presentada se desarrollaron como alternativa para el consumo de éstas como alimento funcional formatos de 30 g y 100 g en bolsas de nylon para infusiones y adición a alimentos. Con el polvo de hojuelas secas de moringa se desarrollaron cápsulas a razón de 400 mg. El aporte nutricional por cada 100 g/b.s. de los productos elaborados contiene 30 g de proteínas; 7 g de grasas; 7,7 g de fibras y 14,5 g de carbohidratos, que aportan 241 kcal de energía.

La galleta suplementada con moringa al 20 % mostró variables fisicoquímicas de humedad 5,9 %, fibras 2,1 %, almidón 59,9 % y cenizas 2 %, con un valor proteico de 9,1 % y de grasas 3,3 %. La aceptabilidad se ubicó en la máxima categoría "Me gusta mucho" de la escala hedónica facial empleada como herramienta sensorial.

Otra formulación de alimento funcional desarrollada fue la galleta de arroz integral fortificada con moringa y la adición de 10 % de *Stevia rebaudiana*. La encuesta hedónica mostró acep-

tación, con 19 % en la categoría "Me gusta muchísimo". Su contenido es de 105,7 kcal; 3,3 g de grasa; 9,9 g de carbohidratos; 5,1 g fibras; 9,1 g de proteínas; 2,0 de cenizas y 0,01 g de sal.

Se diseñaron barras energéticas con polvo de moringa y arroz integral extruído que contienen 3,0 g de proteínas; 84,7 g de carbohidratos; 3,7 g de grasas que aportan 384,1 kcal de energía por cada 100 g. El estudio de aceptabilidad en estudiantes universitarios y en atletas de alto rendimiento en los deportes de tenis de mesa, esgrima y gimnasia aportó resultados positivos que superan el 80 % de aceptabilidad. Además, presentan valor estratégico por su posible uso en personas vulnerables y en caso de desastres.

DISCUSION

Las innovaciones en las etapas agrícola y de procesamiento tecnológico permitieron la obtención de productos para consumo humano. La siembra, recolección, y conservación son clave en la calidad de las plantas, por transformaciones biológicas, degradación química y la acción de los contaminantes microbianos. Estas transformaciones modifican el olor, el color y la temperatura en el material vegetal, con degradación en la calidad del producto. ⁽²⁷⁾

La implementación del lavado mecánico permitió la reducción de la carga microbiana por debajo del límite establecido para bacterias aerobias mesófilos (107 UFC/g), que se evidenció en los 68 lotes procesados en 2019 y 2020 y estableció como valor límite para enterobacterias 103 UFC/g.

La microbiología es una herramienta eficaz en la orientación sobre la aceptabilidad y fabricación de los productos. Los hongos son microorganismos ambientales que entran en contacto con el producto, que en el caso de moringa se evitó con la reducción de la humedad. ⁽²⁸⁾ Los valores de humedad de las hojuelas no exceden el 12 % como se recogió en la norma cubana. ⁽²⁵⁾

Los contenidos de clorofila fueron superiores al informado por Vats que indicó 9,40 mg/100 g/b.s. ⁽²⁹⁾ Otros estudios evidencian que las antocianinas poseen actividad antioxidante y quimioprotector. ⁽³⁰⁾ éstas son las responsables de los colores en productos hortofrutícolas, poseen β -caroteno y una combinación de zeatina con varios pigmentos flavonoides. ^(31,32) Lo evidenciado en el tamizaje fue similar a lo expuesto por Palomino para las 3 fases, aunque con reacción mayor en este estudio. ⁽³³⁾ La no presencia de saponinas coincidió con Linares. ⁽³⁴⁾

Las cenizas fueron elevadas con respecto a lo informado por Carbajal con 10,9 %. ⁽³⁵⁾ Además, indicó 7,1 % para grasas y 28,7 % en proteína, menores que los obtenidos en este trabajo. El contenido proteico en hojuelas secas suele ser de hasta el 30 %, y la mayor parte de sus proteínas son asimilables. ⁽³⁶⁾ Este valor se demostró consistente en todos los lotes evaluados durante 2019 y 2020, sin marcar diferencias por época del año o ecotipo. Los contenidos de fibra y almidón fueron superiores a los alcanzados por Oviedo ⁽³⁷⁾ con 0,01 g y por Singh con valor de 0,1 g. ^(35,38)

En la evaluación de las diferentes densidades de cultivo se expresó un contenido de compuestos fenólicos que aumentó hasta la densidad M3. Los flavonoides fueron superiores a los obtenidos por otros autores de (86,34 y 34,85) mg eq. Q/mL de extracto, respectivamente. ^(39,40) Los polifenoles se comportaron superiores al obtenido por Campo con 21,27 mg eq. Ac. gálico/g extracto b.s. La presencia de este metabolito en alimentos, previene enfermedades neurodegenerativas y de hipertensión. ^(41,42,43)

En el extracto de las hojuelas de moringa se encontró concentraciones de isoquercitina de (312 ± 42) μ M. ⁽⁴⁴⁾ Este está compuesto por quercitina y β -glucósidos con funciones como antioxidante, antiinflamatorio, antialérgico y presenta biodisponibilidad. ⁽⁴⁵⁾

Con las innovaciones agrotecnológicas implementadas al procesamiento agroindustrial las 2 normas cubanas para Moringa oleifera poseen la estructura que es utilizada por las bases productivas dedicadas a su cultivo en Cuba. Aseguran la inocuidad y las condiciones posibles para proporcionar recomendaciones a los productores. ^(25,26)

La actividad antimicrobiana demostró que los extractos hidroalcohólicos de hojuelas presentaron mejor CML que los extractos acuosos. Muestran mayor resistencia frente a las bacterias Gram negativas, efecto similar al encontrado por Akhtar con E. coli, Salmonella s.p y P. aeruginosa. Ambos extractos inhibieron el crecimiento S. aureus, análogo a lo informado por Paikra. ^(46,47) Esta bacteria es patógena, causa diversas enfermedades en humanos y presenta resistencia a antibióticos. El resultado de la actividad antiinflamatoria concordó con García

que observó inhibición del edema con la administración de moringa. Los estudios manifestaron la capacidad antiinflamatoria de los extractos de las hojuelas de la planta. ^(48,49)

La funcionalidad en el modelo de hiperlipidemia, demostró que el tratamiento con moringa posee mejor efecto en el colesterol total que en los triglicéridos. Lo que se corroboró por Lian que indicó que moringa reduce y retrasa la absorción del colesterol. ⁽⁵⁰⁾ El estudio antidiabético expuso que los polifenoles contribuyen a la actividad antioxidante, porque estabiliza la producción de radicales en células por donación o aceptación de electrones. ⁽⁵¹⁾ Otro estudio mostró que este compuesto y las fibras son responsables del efecto antioxidante en moringa. ^(52,53) La inhibición de amilasa juega un rol en la digestión de almidón y glucógeno que se considera una estrategia en el tratamiento de captación de carbohidratos, en la diabetes y la obesidad. La α -glucosidasa actúa como supresores de los niveles de glucosa en sangre en diabetes.

La toxicología no mostró alteraciones patológicas macroscópicas en los ratones, ni sedación o somnolencia, ni mortalidad. Estos resultados enmarcaron en la categoría 5 del Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (GHS). Con las innovaciones agrotecnológicas introducidas se demostró inocuidad y conservación de los metabolitos biológicos activos en el procesamiento de la cadena de valor (ver figura 2). Permitted el desarrollo de alimentos funcionales de moringa que obtuvieron los Registros sanitarios en el Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y Microbiología del Ministerio de Salud Pública de Cuba.

El aprovechamiento de cereales en la alimentación con la inclusión de Moringa oleifera sola y con Stevia rebaudiana en la elaboración de galletas de arroz integral posibilitó aumentar sus niveles de aceptación. ⁽⁵⁴⁾ La evaluación sensorial de este estudio concuerda con el trabajo desarrollado por Utrilla que infiere que no se afectan las características organolépticas en la formulación de las galletas de arroz integral enriquecido con moringa y stevia, lo que evidencia el nivel de agrado de los encuestados. ⁽⁵⁵⁾ Según Castañeda en el diseño de cualquier producto alimenticio nuevo o modificado es importante considerar lo que agrada, lo que desagrada y las preferencias de los grupos consumidores a quienes se destinan. ⁽⁵⁶⁾

Conclusiones

La tecnología agroindustrial desarrollada con buenas prácticas de producción, calidad e inocuidad, permitió la preservación de los contenidos de metabolitos presentes en la planta con actividad biológica y la elaboración de productos a base de *Moringa oleifera* Lam. como alimento funcional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gaikwad M, Kale S, Bhandare S, Urunkar V, Rajmane A. Extraction, Characterization and Comparison of Fixed oil of Moringa oleifera L & Moringa concanensis Nimmo Fam. Moringaceae. International Journal of Pharm Tech Research. [Internet]. 2011 [citado 26 nov 2023];3(3):1567-75. ISSN 0974-4304.
- González Minero FJ. Un estudio transversal de Moringa oleifera Lam (Moringaceae). Revision. Dominguezia. [Internet]. 2018 [citado 20 oct 2023];34(1):5-25. ISSN 1651-2988. Disponible en: <http://www.dominguezia.org/volumen/articulos/34101.pdf>
- Lago Abascal V, Echemendia Arana O, Gonzales García KL, Hernández Rivero Y, Almora Hernández E, Monteagudo Borges R. Determinación de polifenoles totales, flavonoides y evaluación antimicrobiana en tres ecotipos de Moringa oleifera cultivadas en Cuba. Revista de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias. [Internet]. 2020 [citado 15 sep 2023];6(1):50-61. Disponible en: <http://www.rcfa.uh.cu/index.php/RCFA/article/view/181/213>
- Lago Abascal V, Nha Huynh Van, Linh Nguyen Nhan, Thi Thuy Tran An, Thi Thu Nguyen Huong, Minh Nguyen Khoi. In vitro study on antioxidant activity by leaves of Moringa oleifera cultivated in Cuba. Journal of Medicinal Materials. [Internet]. 2014 [citado 20 dic 2023];19(5):268-72. Disponible en: http://nimm.org.vn/Library/Journal_of_Medicinal_Materials_2014_Vol_19_No_5_1764
- Lago V, Almora E, González K, Hernández Y, Echemendia O, Monteagudo R. Metabolitos secundarios y capacidad antioxidante de hojas secas de Moringa oleifera Lam. cultivada en Cuba. Revista Cubana de Plantas Medicinales. [Internet]. 2021 [citado 12 oct 2023];26:1-12 e1087. Disponible en: <http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/1087/464>
- Lago V, Menéndez R, Almora E, García T, Monteagudo R, Rodríguez E. Evaluación en modelos animales del efecto antiinflamatorio de las cápsulas de hojas secas de Moringa oleifera. Revista Cubana de Plantas Medicinales. [Internet]. 2021 [citado 12 dic 2023];(26)1-14:e1120. Disponible en: <http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/1120/467>
- Lago Abascal V, Nguyen Thi Thu Huong, Nguyen Hoang Minh, Rodríguez Jiménez E. Efecto de las cápsulas de Moringa oleifera sobre la hiperlipidemia en ratones. Archivos del Hospital Calixto García. [Internet]. 2021 [citado 12 dic 2023];9(3):385-95. Disponible en: <http://revcalixto.sld.cu/index.php/ahcg/article/view/e758/670>
- Hernández Rodríguez J, Iglesias Marichal I. Moringa oleifera: un producto natural con posibilidades para ser usado en pacientes con diabetes mellitus. Revista Cuba Endocrinología. [Internet]. 2021 [citado 12 nov 2023];32(1):1-29. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-29532021000100011&lng=es
- Illanes A. Alimentos funcionales y biotecnología. Revista Colombiana Biotecnología. [Internet]. 2015. [citado 21 dic 2023];XVII(1):5-8 Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v17n1.50997>
- Aguirre P. Alimentos funcionales entre las nuevas y viejas corporalidades. AIBR. Revista de Antropología Iberoamericana. [Internet]. 2019. [citado 12 nov 2023]; 14(1):95-120. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6832409>
- Norma Cubana. NC 143. Código de prácticas-Principios generales de higiene de los alimentos. Oficina Nacional de Normalización. [Internet]. 2021. [citado 12 may 2024]. ICS: 67. 120.
- Castro N. Diseño de una bebida instantánea a base de Ananas comosus, Moringa oleifera Lam e Hibiscus sabdariffa Lam. [Tesis de grado]. Ecuador: Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Universidad Técnica de Machala; 2020. 70p.
- Valero Díaz Antonio. Los criterios microbiológicos: Principios para su establecimiento y aplicación en la seguridad alimentaria. Arbor. Universidad de Córdoba. [Internet]. 2020. [citado 5 may 2024].196(795). DOI: <https://doi.org/10.3989/arbor.2020.795n1001>
- Gálvez JM, Rodríguez O, Campa C. El cultivo de la Moringa oleifera en Cuba: Experimentos y observaciones de producción. Informe Técnico al Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz, Centro de documentación CIPB, 2013;45.
- Lago V, Matos S, Almora E, Pereira L, Monteagudo R, Rodríguez E. Evaluación de diferentes densidades de cultivo de Moringa oleifera y su manufactura como suplemento nutricional. Rev revista Ingeniería Agrícola. [Internet].2024. [citado 31 may 2024].14(1):1-8. E-ISSN: 2227-8761. <https://cu-id.com/2284/v14n1e09>
- Miranda M y Cuellar A. Farmacognosia y Productos Naturales. Manual de Prácticas de Laboratorio. La Habana: Félix Varela, Universidad de la Habana. [Internet]. 2012 [Citado 24 de may 2024].34-50 p.
- Wagner H, Blatt S. Plant drug analysis a thin layer chromatography. Berlín: Springer Verlag. 1996;357.
- Lago V, Almora E, González K, Campa C, Rodríguez E. Caracterización de ecotipos de Moringa oleifera cultivada en Cuba e identificación de isoquercitina. Revista Cubana de Plantas Medicinales. [Internet]. 2021. [Citado 28 de nov 2023].26(4):e1089. <https://revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/1089>
- United State Pharmacopeia. US Pharmacopeia Convention, Washington DC USP40. 2017;I:2021-23.
- Lago Abascal V, Chung MT, Thanh HQ, Minh NH, Trieu LH, Duyen CTM, Mong DT, Tien NMT, Minh NN, Tien TM, Minh LV, Anh NTM, Huong NTT. In vitro Antioxidant and Antidiabetic Activities of Moringa oleifera Stem Barks. Journal of Medicinal Materials. [Internet]. 2019. [Citado 24 de nov 2023]. 24(3):186-89. Disponible en: http://vienduoclieu.org.vn/an-pham1/In_vitro_Antioxidant_and_Antidiabetic_Activities_of_Moringa_oleifera_Stem_Barks_Journal_of_Medicinal_Materials_2019_Vol_24_No_3_6770
- Guideline for testing of chemical acute oral toxicity- acute toxic class OECD method NO 423 adopted 20 december 2001.
- Guidelines for the testing of chemicals Bacteria/ reverse mutation test, OECD Test NO 471 section 4: Health Effects. 1997.
- Almora Hernández Ernesto, Campa Huergo Concepción, Monteagudo Borges Raisa, Lago Abascal Vivian, Echemendia Arana Olga, Rodríguez Jiménez Efraín. Desarrollo de la galleta de arroz integral suplementada con Moringa oleifera. Revista de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias. [Internet]. 2020 [Citado 20 de dic 2023].6(2):52-64. ISSN 2411-927X
- Almora Hernández E, Barrio Pi L, Monteagudo Borges R, Lago Abascal V, León Sánchez G, Rodríguez Jiménez E. Evaluación sensorial de galletas de arroz integral suplementadas con Moringa oleifera y Stevia rebaudiana. Peruvian Agricultural Research. [Internet].2021.[Citado 30 de ene 2024].3(2):80-6. Disponible en: <http://datos.unjfcc.edu.pe/index.php/PeruvianAgriculturalResearch/article/view/705/802>
- Norma Cubana NC 1344:2020 Código de prácticas de higiene para productos naturales a partir de Moringa oleifera para consu-

- mo humano. Oficina Nacional de Normalización. [Internet]. 2021. [citado 12 may 2024]. ICS: 67.020
26. Norma Cubana NC 1374:2022 Productos naturales a base de *Moringa oleifera* Lam. Especificaciones. Oficina Nacional de Normalización. [Internet]. 2021 [citado 12 may 2024]. ICS: 11.120.10
27. Alonso JR. Tratado de fitomedicina. Bases clínicas y farmacológicas. ISIS ed. Buenos Aires. 1998
28. Torres M. Análisis microbiológico de materias primas utilizadas en la elaboración de productos naturales en una industria colombiana. [Internet]. 2016. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis251.pdf>
29. Vats S, Gupta T. Evaluation of bioactive compounds and antioxidant potential of hydroethanolic extract of *Moringa oleifera* Lam. from Rajasthan. India Physiol Molecular Biology Plants. [Internet]. 2017. [Citado 23 ene 2024]. 23(1):239-48. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/c9fo00793h>
30. Aguilera OM, Reza VMC, Chew MRG, Meza VJA. Propiedades funcionales de las antocianinas. BIOTECNIA. [Internet]. 2011. [Citado 23 ene 2024]. 13(2):16. Disponible en: <https://doi.org/10.18633/bt.v13i2.81>
31. Zozio S, Pallet D, Dornier M. Evaluation of anthocyanin stability during storage of a colored drink made from extracts of the andean blackberry (*Rubus glaucus* Benth.) açai (*Euterpe oleracea* Mart.) and black carrot (*Daucus carota* L.). Fruits. [Internet]. 2011. [Citado 2 sep 2023]. 66(3):1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/fruits/2011030>
32. Anwar F, Latif S, Ashraf M, Gilani AH. *Moringa oleifera*: A food plant with multiple medicinal uses. Phyther Res. [Internet]. 2007. [Citado 21 sep 2023]. 21:17-25. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ptr.2023>
33. Palomino Vallejo RI. Efecto de las hojas de *Moringa oleifera* sobre el control de la glucemia en ratas diabéticas inducidas: revisión sistemática. [Tesis de maestría]. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola. [Internet]. 2020. [Citado 21 sep 2023]. 75p.
34. Linares Rivero C, Quiñones Gálvez J, Pérez Martínez AT, Carvajal Ortiz CC, Rivas Paneca MG, Cid Valdéz A. Obtención de extractos fenólicos foliares de *Moringa oleifera* Lam. mediante el uso de diferentes métodos de extracción. Inst Biotec Veg. [Internet]. 2018. [Citado 12 sep 2023]. 18(1):47-56 Disponible <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/575>
35. Carvajal DC, Catucucamba E. Determinación in vitro de la digestibilidad gástrica y duodenal en concentrados proteicos de *Moringa oleifera*. [Tesis de grado]. Guaranda, Ecuador. Universidad estatal de bolívar. Facultad de ciencias de la salud y del ser humano. [Internet]. 2019.
36. Olson M, Fahey J. *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. Rev. Mex. Biodivers. [Internet]. 2011. [Citado 21 oct 2023]. 82:1071-82. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-4532011000400001&script=sci_abstract
37. Oviedo Farfan KT, Escobar Bello ML. Elaboración de un gel antibacterial con base en las hojas de *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) cultivada en Colombia. [Tesis de grado]. Bogotá, Colombia: Universidad de América. Facultad de ingenierías de Química. 2020. 165p.
38. Singh AK, Rana HK, Tshabalala T, Kumar R, Gupta A, Ndhala AR, Pandey AK. Phytochemical, nutraceutical and pharmacological attributes of a functional crop *Moringa oleifera* Lam: An overview. South African Journal of Botany. [Internet]. 2019. [Citado 21 ago 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.06.017>
39. Sarasti D. Evaluación de la actividad antimicrobiana mediante la extracción de la fracción activa presente en las hojas de la especie vegetal *Moringa oleifera* frente a microorganismos patógenos. [Tesis de grado de Químico Farmacéutico]. Ecuador: Universidad central del Facultad de Ciencias Químicas química farmacéutica. [Internet]. 2018. [Citado 21 ago 2023]. 103p.
40. Cabrera Carrión JL, Jaramillo Jaramillo C, Dután Torres F, Cun Carrión J, García PA, Rojas de Astudillo. Variación del contenido de alcaloides, fenoles, flavonoides y taninos en *Moringa oleifera* Lam. en función de su edad y altura. Bioagro. [Internet]. 2017. [Citado 25 ago 2023]. 29(1):53-60. eISSN 2521-9693.
41. Campo FM, Cruz AC, Cunalata CG, Matute CN. Infusiones de *Moringa oleifera* (moringa) combinada con *Cymbopogon citratus* (hierba luisa) y *Lippia alba* (mastranto). Revista Ciencia UNEMI. [Internet]. 2020. [Citado 21 jul 2023]. 13(34):114-26. eISSN 2528-7737.
42. Farzaei MH, Tewari D, Momtaz S, Argüelles S, Nabavi SM. Targeting ERK signaling pathway by polyphenols as novel therapeutic strategy for neurodegeneration. Food and Chem Toxicol. [Internet]. 2018. [Citado 21 ene 2024]. 120:183-95. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.07.010>
43. Oudot C, Gomes A, Nicolas V, Le Gall M, Chaffey P, Broussard C, Brenner C. CSRP3 mediates polyphenols-induced Cardioprotection in hypertension. J. Nut. Bioch. [Internet]. 2019. [Citado 21 nov 2023]. 66:29-42. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2019.01.001>
44. Sciara TR, Perry CJ, Mowa CN, Cartaya Marin CP. *Moringa oleifera* phytochemical composition and the influence of environmental growing conditions [Tesis de grado]. Carolina del Norte: Appalachian State University; 2018 [acceso: 30 dic 2021]. Disponible en: https://libres.uncg.edu/ir/asu/f/Sciara_Tanner%20Spring%202018%20Thesis.pdf
45. Orfali GC, Duarte AC, Bonadio V, Martínez NP, de Araújo ME, Priviero FBM, et al. Review of anticancer mechanisms of isoquercitin. World J Clin Oncol. [Internet]. 2016. [Citado 21 nov 2023]. 7:189. Disponible en: <https://doi.org/10.5306/wjco.v7.i2.189>
46. Akhtar M, Moosa Hasany S, Bhangar MI, Iqbal S. Sorption potential of *Moringa oleifera* pods for the removal of organic pollutants from aqueous solutions. J. of Hazardous Materials. [Internet]. 2007. [Citado 21 nov 2023]. 41(3):546-56. eISSN 1873-3336.
47. Paikra BK, Dhongade HKJ, Gidwani B. Phytochemistry and Pharmacology of *Moringa oleifera* Lam. J. of Pharmacopuncture. [Internet]. 2017. [Citado 21 nov 2023]. 20(3):194-200. Disponible en: <https://doi.org/10.3831/KPI.2017.20.022>
48. García R, Enrique L. Efecto antiinflamatorio del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Moringa oleifera* Lam. (moringa) en ratas inducidas a inflamación aguda. [Tesis de grado]. Cuba: Universidad de La Habana, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica. 2019.
49. Kou X, Li B, Olayanju JB, Drake JM, Chen N. Nutraceutical or pharmacological potential of *Moringa oleifera* Lam. Nutrients. [Internet]. 2018 [Citado 18 jun 2023]. 10(3):343. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5872761/>
50. Lian J, Nelson R, Lehner R. Carboxylesterases in lipid metabolism: from mouse to human. Protein Cell. [Internet]. 2018. [Citado 18 jun 2023]. 9(2):178-95. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13238-017-0437-z>

51. Atowodi SE, Atowodi JC, Idakwo GA, Pfundstein B, Haubner R, Wurtele G, Bartsch H, Owen RW. Evaluation of the polyphenol and antioxidant properties of metanol extracts of leaves, stem, and root barks of *Moringa oleifera* Lam., Journal of medicinal Food. [Internet]. 2010. [Citado 20 de jul 2023]. 13(3):710-16. ISSN 1096-620X.
52. Stohs SJ, Hartman MJ. Review of the safety and efficacy of *Moringa oleifera*, Phytotherapy Research. [Internet]. 2015. [Citado 25 jun 2023]. 29(6):796-804. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ptr.5325>
53. Abd Rani NZ, Husain K, Kumolosasi E. *Moringa* Genus: A review of phytochemistry and pharmacology, Frontiers in Pharmacology. [Internet]. 2018. [Citado 25 de ene 2024]. 9:108. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00108>
54. Almora Hernández E, Campa Huergo C, Monteagudo Borges R, Lago Abascal V, Echemendía Arana O, Rodríguez Jiménez E. Desarrollo de la galleta de arroz integral suplementada con *Moringa oleifera*. Revista de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias. [Internet]. 2020. [Citado 25 de ene 2024]. 6(2) ISSN 2411-927X
55. Utrilla, R. G. Desarrollo de galletas con bajo contenido de carbohidratos digeribles a partir de cereales integrales y plátano en estado inmaduro. [Tesis doctoral]. Instituto Politécnico Nacional. 2012. Disponible en <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/9164>
56. Castañeda C, Ruyán A, Steiger A, Tumax K, Liska C. Evaluación sensorial de una harina a base de amaranto, trigo y ajonjolí. [Tesis de grado]. 2019. Universidad de San Carlos de Guatemala. Disponible en: https://en.ccqfar.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2019/07/P%C3%B3ster_Evaluaci%C3%B3n-Sensorial-harina-deamaranto-trigo-y-ajonjol%C3%AD

Recibido: 26/06/2024

Aprobado: 24/07/2024

Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo Nacional para la Ciencia e Innovación (FONCI) del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) de Cuba, por financiar la investigación del cultivo de moringa y su manufactura y al Centro de Investigación de Ginseng y Materiales de Medicina, ciudad Ho Chi Minh, Vietnam por los fondos destinados a la realización de los análisis de laboratorio relacionados con la caracterización de principios activos y efectos biológicos.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses entre ellos ni con la investigación presentada.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Efraín Rodríguez Jiménez, Concepción Campa Huergo, Vivian Lago Abascal
 Curación de datos: Efraín Rodríguez Jiménez, Vivian Lago Abascal, Ernesto Almora Hernández, Ana María Rodríguez Bouza, Olga Alicia Echemendía Arana, Raisa Monteagudo Borges
 Análisis formal: Efraín Rodríguez Jiménez, Vivian Lago Abascal
 Adquisición de fondos: Concepción Campa Huergo
 Investigación: Efraín Rodríguez Jiménez, Vivian Lago Abascal, Ernesto Almora Hernández, Ana María Rodríguez Bouza, Olga Alicia Echemendía Arana, Raisa Monteagudo Borges
 Metodología: Efraín Rodríguez Jiménez, Concepción Campa Huergo, Vivian Lago Abascal, Ernesto Almora Hernández
 Administración del proyecto: Efraín Rodríguez Jiménez, Concepción Campa Huergo
 Recursos: Efraín Rodríguez Jiménez, Concepción Campa Huergo
Software: Efraín Rodríguez Jiménez, Vivian Lago Abascal, Ernesto Almora Hernández
 Supervisión: Efraín Rodríguez Jiménez, Concepción Campa Huergo
 Validación: Efraín Rodríguez Jiménez, Concepción Campa Huergo, Vivian Lago Abascal, Ernesto Almora Hernández
 Visualización: Efraín Rodríguez Jiménez, Concepción Campa Huergo, Vivian Lago Abascal, Ernesto Almora Hernández
 Redacción-borrador original: Efraín Rodríguez Jiménez, Vivian Lago Abascal, Ernesto Almora Hernández.
 Redacción-revisión y edición: Efraín Rodríguez Jiménez

Financiamientos

La realización de esta investigación estuvo apoyada por el proyecto FONCI, contrato N° 38, 2018.

Cómo citar este artículo

Campa Huergo C, Lago Abascal V, Almora Hernández E, Rodríguez Bouza AM, Echemendía Arana OA, Monteagudo Borges R et al. *Moringa oleifera* Lam. como alimento funcional en Cuba: bases científicas. An Acad Cienc Cuba [internet] 2024 [citado en día, mes y año];14(3):e1620. Disponible en: <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/1620>

El artículo se difunde en acceso abierto según los términos de una licencia Creative Commons de Atribución/Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), que le atribuye la libertad de copiar, compartir, distribuir, exhibir o implementar sin permiso, salvo con las siguientes condiciones: reconocer a sus autores (atribución), indicar los cambios que haya realizado y no usar el material con fines comerciales (no comercial).

© Los autores, 2024.

