

Artículo Original

***CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL ACEITE DE
SEMILLAS DE MORINGA OLEÍFERA***

***PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF CUBAN MORINGA
OLEÍFERA SEED OIL***

Cándida Ferrer Serrano¹ <https://orcid.org/0000-0003-1616-7932>

Beatriz Zumalacárregui de Cárdenas^{2*} <https://orcid.org/0000-0001-7935-903X>

Marta Mazorra Mestre¹ <https://orcid.org/0000-0002-9003-0988>

¹ Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables. Universidad Tecnológica de la Habana, CUJAE. Calle 114 # 11901 / Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana, Cuba.

² Facultad de Ingeniería Química. Universidad Tecnológica de la Habana, CUJAE. Calle 114 # 11901 / Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana, Cuba.

Recibido: Diciembre 4, 2019; Revisado: Febrero 3, 2020; Aceptado: Abril 1º, 2020

RESUMEN

Introducción:

La Moringa oleífera se utiliza como materia prima en diferentes industrias, una de las partes aprovechables del árbol es la semilla. Se dice que es fuente de aceite vegetal de gran rendimiento por hectárea con un alto contenido de ácidos grasos. Se desconocía la caracterización del aceite de semillas de Moringa de los ecotipos en estudio y las posibilidades de uso con diferentes fines.

Objetivo:

Realizar la caracterización físico-químicas del aceite de las semillas de Moringa oleífera germinadas en Cuba.

Materiales y Métodos:

El porcentaje de extracción de aceite se establece como variable respuesta en los diseños de experimento planteados, alcanzándose entre un 30-45%. Una vez extraído el aceite se determinaron las propiedades físico-químicas del mismo para los ecotipos estudiados haciendo uso de técnicas analíticas.

Resultados y Discusión:

Se obtienen las propiedades que caracterizan los aceites y la composición de ácidos grasos, siendo el producto mayoritario el ácido oleico con valores entre 60 y 75%. Se hace referencia a los beneficios que se obtienen con el uso de semillas no aptas para germinación en diferentes aplicaciones, con propiedades comparables a las frescas.



Copyright © 2020. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

* Autor para la correspondencia: Beatriz Zumalacárregui, Email: beatriz@quimica.cujae.edu.cu



Conclusiones:

Los mejores rendimientos en la extracción del aceite se alcanzan con hexano como disolvente; el ácido oleico es el mayoritario con valores entre 60 y 75% y los ecotipos estudiados naturalizados en Cuba cumplen con los parámetros de calidad establecidos para ser utilizados en cosmética, constituyéndose una nueva línea de productos que propicia la sustitución de importaciones y el uso de sustancias naturales.

Palabras clave: aceite; Moringa; propiedades; semillas.

ABSTRACT

Introduction:

Moringa oleífera is used as raw material in different industries; one of the usable parts of the tree is the seed. It is said to be source of vegetable oil with a great yield per hectare and high content of fatty acids. It is not known the characterizing of *Moringa* seed oil from Cuban ecotypes under study and its possibilities of use for different purposes.

Objective:

To carry out the physicochemical characterization of the oil of the seeds of *Moringa oleífera* germinated in Cuba.

Materials and Methods:

The percentage of oil extraction is established as a response variable in the proposed experiment designs, reaching between 30-40%. Once the oil was extracted, its physicochemical properties were determined for the ecotypes studied using analytical techniques.

Results and Discussion:

The properties that characterize the oils and the fatty acid composition, the majority product being oleic acid with values between 60 and 75%. Reference is made to the benefits obtained with the use of seeds not suitable for germination in different applications, with properties comparable to fresh.

Conclusions:

The best yields in oil extraction are achieved using hexane as a solvent, oleic acid is the majority with values between 60 and 75% and the ecotypes studied naturalized in Cuba meet the quality parameters established to be used in cosmetics, constituting a new product line, in addition to promoting the substitution of imports and the use of natural substances.

Keywords: oil; Moringa; properties; seeds.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo científico permite plantear procesos eficientes para la utilización de los recursos naturales, entre ellos; las plantas. Los productos útiles que se han obtenido directa o indirectamente de las plantas han demostrado la importancia que tienen para el hombre pues sirven como fuente de alimentos, productos medicinales, fuente de energía según lo reportado por diferentes autores Palacios (2012), Alfaro (2006), (Castro y col., 2012), (Barbosa y col., 2010), (Ferrer y col., 2014).

La moringa es una de las fuentes de aceite vegetal de mayor rendimiento por hectárea

en contenido de aceite, (Madrigal y Avalos, 2008), (Santana et al., 2012), (Farooq et al., 2012), (Compaoré et al., 2011), (García y col., 2013), (Anwar y Rashid, 2007). Este aceite está compuesto fundamentalmente por ácidos grasos, saturados e insaturados, y debido al predominio del ácido oleico en su composición (valores ligeramente superiores al 70%); se le atribuye una gran estabilidad a la oxidación según reportan (Anwar y Rashid, 2007), (Manzoor et al., 2007), (Azad et al., 2015), (Payal et al., 2016) confirmaron la presencia de saponinas, flavonoides, esteroides, terpenoides, y triterpenoides en el aceite extraído empleando diversos solventes. Esta composición, junto con un perfil interesante de ácidos grasos hace valioso al aceite y por ende a las semillas de los cuatro ecotipos cubanos para usarlo en la industria cosmética en la elaboración de cremas, jabones, bálsamos labiales. La obtención del aceite se puede realizar por métodos distintos, el prensado en frío o en caliente, o mediante la utilización de disolventes para una mayor extracción de producto. Los disolventes más empleados por diversos investigadores según señalan Gómez (2013), (Anwar y Rashid, 2007), (Efeovbokhan et al., 2015) son: etanol, metanol, isopropanol, hexano, ciclohexano, tolueno, xileno, éter etílico, acetato de etilo, acetona.

El rendimiento de obtención de aceite, por prensado mecánico, dependerá de la presión aplicada y factores como el grado de humedad y la composición química de las semillas (García y col., 2013). Por tanto, el objetivo del trabajo es realizar la caracterización físico-químicas del aceite de las semillas de *Moringa oleífera* germinadas en Cuba.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolla en áreas de las Facultades de Ingeniería Mecánica y Química de la Universidad Tecnológica de la Habana, “José Antonio Echeverría” CUJAE.

Para la investigación se emplean semillas de *Moringa oleífera* de dos ecotipos, *Supergenius* y *Plain*, procedentes del Centro Internacional de Salud La Pradera, Playa, ecotipo Nicaragua de la Cooperativa Agropecuaria Rosa Elena Simeón, Mayabeque y ecotipo Criolla del Centro de Productos Naturales, Playa. En este centro existe un banco de germinación donde se reciben las semillas cosechadas en los campos de cultivo, las que se someten a un protocolo de selección que permite clasificarlas en dos grupos, las denominadas aptas para el proceso de germinación y las que constituyen el rechazo. Las primeras se utilizan para la siembra directa o en viveros, garantizándose un alto porcentaje de germinación. Las semillas de rechazo se convierten en un producto de desecho que no tiene utilidad. Por esta razón y conociendo las características de estas semillas, constituyen materia prima para la obtención de aceite de *Moringa oleífera*.

Antes del proceso de extracción de aceite, las semillas deben ser preparadas. Primero se realiza un descascarado manual ejerciendo presión sobre las mismas y logrando la separación de la cáscara del cotiledón. Como parte de la preparación se disminuye el tamaño de partícula de los cotiledones hasta valores cercanos a $1 \cdot 10^{-3}$ m según reportes hechos por (Abdulkareem et al., 2011). Para conocer la distribución de tamaño de partícula se realiza un tamizado según la Norma Cubana Minerales-Análisis granulométrico por tamizado con muestras representativas de 14 g de semillas, las cuales deben ser secadas a 105°C durante 24 h en una estufa modelo DHG-9146A. Luego de disminuir el tamaño de partículas, las semillas son sometidas a un proceso de

secado por espacio de dos horas a 55 °C en una estufa modelo DHG – 9146A. El agua que se elimina durante la operación propicia que la extracción del aceite sea más eficiente, ya que el secado favorece la ruptura de las emulsiones agua-aceite garantizando que el aceite se disuelva fácilmente en el disolvente orgánico.

La determinación de humedad se efectúa por diferencia de pesadas, utilizando una balanza analítica, modelo SARTORIUS BS 124S. La temperatura para el secado se fija por debajo de 60°C para evitar la desnaturalización de las proteínas de las semillas.

Hay tres métodos principales que se han identificado para la extracción del aceite: extracción mecánica, extracción con disolvente y extracción enzimática. El prensado mecánico y la extracción con disolvente son los métodos más comúnmente usados para la extracción de aceite comercial. La extracción con disolvente conocida también como extracción química con Soxhlet se realiza para los ecotipos *Supergenius*, Nicaragua, Criolla y *Plain* con los disolventes hexano, metanol, etanol y agua. Para cada corrida experimental se pesa una masa de 10 g. Los disolventes se adicionan teniendo en cuenta las relaciones soluto-disolvente definidas en el diseño de experimentos.

La extracción mecánica por prensado, se realiza en un molino marca Komet, tipo DD85. Las semillas utilizadas en esta extracción son la Criolla y la Nicaragua. La masa de semillas a prensar es de 10 kg.

2.1 Caracterización físico-química de los aceites

Existen varios índices que se utilizan para la caracterización físico-química de los aceites, entre ellos se reconocen: Índice de Refracción, Índice de Saponificación, Índice de acidez, Índice de iodo, Índice de peróxido, densidad, pH tal como reportan en sus trabajos Águila (2013), Tabío, (2014), Marín (2015), Penabaz, (2016), García (2018) y Gómez (2018).

La cromatografía de gases se emplea como herramienta en la separación, identificación y cuantificación de los ácidos grasos presentes en los aceites convertidos primero en metilésteres de ácidos grasos. La separación tiene lugar gracias a las diferencias entre las posiciones de los equilibrios de absorción de los componentes gaseosos de la muestra sobre la superficie sólida de la fase estacionaria.

2.2 Diseño de experimentos para el ecotipo *Supergenius*

Se ejemplifica el diseño de experimento realizado con el ecotipo *Supergenius* trabajando con el programa estadístico *Statgraphic*, versión 5.1. Se propone un diseño factorial 3², la variable dependiente o respuesta es el porcentaje de extracción de aceite. Los experimentos se desarrollan con dos réplicas por punto experimental. Los factores y sus niveles son establecidos a partir de reportes que aparecen en la literatura, (Anwar y Rashid 2007), (Efeovbokhan et al., 2015), ellos son relación masa de semilla-volumen de disolvente, tamaño de partículas y tiempo de extracción. Los niveles son: relación 1:4 y 1:6, semillas mayores que 1·10⁻³ m y menores que 1·10⁻³ m y tiempo de 6 y 8 horas.

Para conocer la composición de ácidos grasos presentes en las semillas de los diferentes ecotipos estudiados se le realizó al aceite extraído un análisis por cromatografía gaseosa. Para los ecotipos *Supergenius* y *Plain*, se empleó un cromatógrafo gaseoso CG-17A de la firma Shimadzu. Para las ecotipos Nicaragua y Criolla se empleó un

sistema GC-MS QP5050A (Agilent J&W) con un detector selectivo de masa.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La extracción del aceite de *Moringa oleífera* se realiza según lo descrito en el epígrafe 2.2. En este proceso se evalúa la influencia de la relación semilla-disolvente, el tamaño de partícula y el tipo de disolvente en el porcentaje de extracción de aceite (variable respuesta). Los porcentajes de extracción se calculan a través de la ecuación 1:

$$\% \text{ de extracción de aceite} = \frac{\text{masa de aceite extraído (g)}}{\text{masa de semilla (g)}} \times 100 \quad (1)$$

De los resultados de los experimentos se observa que los porcentajes de extracción de aceite de *Moringa oleífera* cuando se emplea hexano variaron de 34,85 a 45,12%, y de 39,70 a 43,36% cuando se emplea agua, siendo inferiores (14,25 a 23,38%) cuando se utiliza etanol.

3.1 Resultados del diseño experimental 3²

Empleando semillas secas de *Moringa oleífera* ecotipo *Supergenius* y disolvente hexano. Los porcentajes de aceite obtenidos presentan similitud con los reportados por (Abdulkareem et al., 2011) y (Efeovbokhan et al., 2015) los cuales oscilan entre 30 y 42 % para diferentes ecotipos de *Moringa oleífera*.

El diseño experimental y su procesamiento permitieron la obtención de un modelo que explica el comportamiento del contenido de aceite en las semillas, teniendo en cuenta las condiciones experimentales estudiadas. El modelo que se obtiene se representa por la ecuación 2:

$$Ca = 34,7078 + 2,45944R_{ss} + 2,34444t_e + 0,315R_{ss}^2 - 1,54583R_{ss} \cdot t_e + 0,44666t_e^2 \quad (2)$$

Donde:

Ca: porcentaje de aceite extraído (%).

R_{ss}: relación masa de soluto / volumen de disolvente (g/mL)

t_e: tiempo de extracción del aceite (h)

R_{ss}·t_e: Interacción entre ambos factores.

Para corroborar el modelo se analizaron las pruebas de calidad de ajuste. De las cuatro existentes se hizo énfasis en las tres posibles de explicar a partir del diseño de experimentos: Coeficiente de determinación R². Significación estadística de los coeficientes del modelo y Análisis de los residuos.

- El coeficiente de correlación R-Cuadrado (R²) indica que el modelo ajustado explica 93,1432% de la variabilidad en el porcentaje de extracción de aceite.
- Los efectos se analizan a partir del diseño experimental. Se prueba la significación estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental.

Los dos efectos y la interacción de ellos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero para un nivel de confianza del 95%. Los

dos factores: tiempo de extracción y relación soluto – disolvente influyen positivamente sobre la variable respuesta y la interacción de los mismos para los niveles establecidos en el estudio ha incidido en la variable respuesta de forma negativa. El diagrama de Pareto mostrado en la figura 1 concuerda y expone dicho comportamiento.

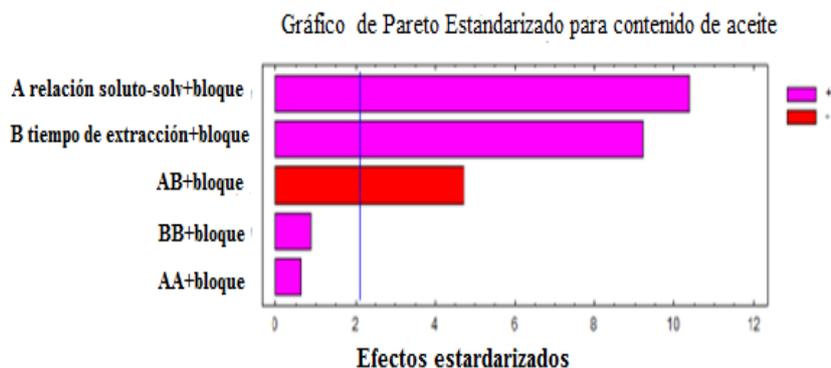


Figura 1. Diagrama de Pareto

En el modelo resultante se excluyen los términos cuadráticos de los dos factores

$$Ca = 34,7078 + 2,45944R_{ss} + 2,34444te - 1,54583R_{ss} \cdot te \quad (3)$$

Las pruebas analizadas muestran que el modelo obtenido puede aceptarse para explicar la variabilidad del porcentaje de la extracción de aceite en las condiciones del estudio.

3.2 Caracterización físico-química de los aceites

En la tabla 1 se reportan las propiedades físico-químicas de los aceites extraídos por vía química de los ecotipos cubanos y se comparan con algunos de los reportados en la literatura.

Tabla 1. Comparación de propiedades físico - químicas del aceite de *Moringa oleífera*

País	Índices Ecotipos	Índice de refracción (40°C)	Índice de saponificación ·10 ³ (g KOH/g aceite)	Índice de Iodo (g de I/100gaceite)	Índice de peróxido ·10 ³ (mol O ₂ /kgaceite)	Grado de acidez (% de ácido oléico)
Cuba	Supergenius	1,4623	177,47	65,58	1,58	1,40
	Criolla	1,4600	170,8	63,0	3,15	1,41
	Nicaragua	1,4586	168,68	60,0	3,0	1,40
	Plain	1,4643	186,68	58,54	3,92	1,2
^a Pakistán	Wild (NWFP)	1,4570	181,4	68,63	1,27	0,81
	Sindh	1,4608	186,67	69,45	0,59	0,4
	Punjab	1,4582	183,7	70,5	1,4	0,35
^a India	Periyakulam	1,4570	188,36	65,58	1,83	1,12

(^a Anwar y Rashid, 2007)

Los resultados de los ecotipos cubanos que se presentan en la tabla 1 son similares a los reportados de ecotipos foráneos, las variaciones están dadas por las características de los suelos, zonas geográficas y el clima. En el caso de los ecotipos cubanos tienen un

comportamiento similar, independiente del ecotipo, disolvente empleado en la extracción y procedencia.

En la tabla 2 se reporta el contenido de aceite y de ácido oleico presente en el aceite para diferentes ecotipos, las mayores diferencias están en las ecotipos de Brasil y en Periyakulam.

Tabla 2. Contenido de aceite y de ácido oleico (%) de diferentes procedencias

<i>País</i>	<i>Ecotipo, Región</i>	<i>Contenido de Aceite</i>	<i>Ácido oleico en el aceite</i>
^a Brasil	Silvestre, Patos	40,00	66,26
	Silvestre, Aracaju	33,00	78,00
	Silvestre, São Pablo	39,00	78,00
^b Pakistán	Silvestre, NWFP	34,8	>70%
	Silvestre, Sindh	40,39	73,22
	Silvestre, Punjab	38,37	75,10
^b India	Periyakulam	38,3	41,4
Cuba	Nicaragua	42,02	65,14
	<i>Plain</i>	42,00	74,72
	<i>Supergenius</i>	42,0	67,61
	Criolla	37-42	75,84

a: (Santana et al., 2012), b: (Anwar y Rashid, 2007)

3.3 Extracción mecánica y caracterización del aceite de semillas de Criolla (rechazadas) y Nicaragua (frescas).

Los resultados de los ecotipos cubanos que se presentan en la tabla 3 son similares en cuanto a índice de refracción y densidad no así en índice de saponificación y acidez lo cual es atribuible al tiempo transcurrido de la recolección de la semilla para la Criolla, lo que provoca un aumento en la cantidad de ácidos grasos libres.

Tabla 3. Propiedades físico químicas del aceite obtenido por extracción mecánica

<i>Aceite extraído del ecotipo</i>	<i>Índice de refracción</i>	<i>Índice de saponificación</i>	<i>Índice de acidez</i>	<i>Densidad (g/cm³)</i>	<i>Rendimiento de aceite %</i>
Criolla (rechazadas)	1,4581±0,002	162,68±1,73	3,402±0,035	0,885±0,056	33-37
Nicaragua (frescas)	1,4665	172,22	1,3000	0,8852	42-45

Si se comparan las propiedades físico-químicas fundamentales de las semillas frescas con las semillas rechazadas y los rendimientos alcanzados no existe una marcada diferencia entre ambas por lo que resulta favorable desde el punto de vista económico y ambiental emplear con fines industriales semillas no aptas para germinar.

3.3.1 Resultados de la cromatografía gaseosa

Los resultados de la cromatografía gaseosa de los diferentes aceites se reportan en la Tabla 4 y se observa que muestran comportamiento similar a los reportados en la

literatura. Es importante poseer los datos de los perfiles de ácidos grasos, para sus posibles aplicaciones (Díaz y col., 2014).

Se observan los ácidos grasos saturados, palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), araquídico (C20:0), behénico (C22:0) y lignocérico (C24:0) resultando para los ecotipos cubanos el ácido palmítico el de mayor porcentaje, (6-6,35%).

Tabla 4. Resultados de la cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas

<i>Ácidos Grasos</i>	<i>Ecotipos</i>			
	<i>Supergenius</i>	<i>Nicaragua</i>	<i>Criolla</i>	<i>Plain</i>
C 14:0 (mirístico)	-	0,080	-	-
C 16:0 (palmítico)	6,017	5,310	6,114	6,356
C16:1 (palmitoleico)	1,551	1,140	1,559	1,255
C18:0 (esteárico)	3,780	4,680	3,867	4,462
C18:1 (oleico)	75,735	65,140	75,839	74,720
C18:2 (linoléico)	0,734	4,730	0,672	0,734
C18:3 (linolénico)	0,161	0,490	0,157	0,157
C20:0 (araquídico)	2,489	3,090	2,443	2,763
C20:1 (gondoico)	2,319	2,190	2,302	2,367
C22:0 (behénico)	5,474	6,060	5,286	5,547
C24:0 (lignocérico)	1,027	0,910	0,983	1,068
Otros	0,726			

El aceite extraído mostró un alto contenido de ácidos grasos insaturados donde predominó el ácido oleico (C18:1) en un intervalo entre 65-76%, lo que permite clasificar al aceite como un aceite monoinsaturado. Este último resultado está en correspondencia con el valor del índice de iodo obtenido como parte de la caracterización físico-química donde, para valores comprendidos entre 50 y 100 g de iodo/100 g de aceite reciben la clasificación antes mencionada. Los resultados obtenidos para los ecotipos cubanos se corresponden prácticamente en su totalidad con reportes realizados, (Anwar y Rashid, 2007), no siendo así para el ácido lignocérico que solo se detecta en los ecotipos cubanos.

Existen varios reportes, (Martín y col., 2013), (Abiola et al., 2016) que señalan la similitud entre el perfil de ácidos grasos del aceite de *Moringa oleífera* y el aceite de Oliva, principalmente en la composición de ácido oleico (53-86%), palmítico (7-20%) y linoléico (0-3%).

Con los aceites extraídos de los diferentes ecotipos cubanos se procedió a solicitar un análisis y evaluación del Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y Microbiología, encontrándose los mismos aptos para el uso y consumo humano y por lo tanto se concedió la Licencia Sanitaria No. CN-5450/17. Esto permitió que en varios trabajos investigativos, Marín (2015), Penabaz, (2016), García, (2018), realizados en las empresas Suchel Camacho, Suchel Regalo y OSDE Labiofam se sustituyeran aceites importados como aceite de Argán, aceite de Avena Kernel, aceite de Coco por el aceite de *Moringa* donde se demostró que es posible la elaboración de productos cosméticos como jabones de tocador, cremas de día y de noche, champús, protectores solares entre otros, con las características físico químicas y microbiológicas de formulaciones que

responden a las normas establecidas por la industria cosmética lo que hace factible la creación de una nueva línea con Aceite de Moringa.

4. CONCLUSIONES

De la extracción y caracterización del aceite de semillas de Moringa *oleífera* de ecotipos cubanos puede concluirse que:

1. Los mejores rendimientos en la extracción del aceite se alcanzan empleando hexano como disolvente en una relación soluto:disolvente de 1:6, durante 6 horas con un porcentaje de aceite entre un 30-45% .
2. El aceite extraído de los diferentes ecotipos de Moringa *oleífera* estudiados presenta características similares demostrándose que el ácido oleico es el mayoritario y es semejante a otros aceites de su tipo reportados en la literatura consultada.
3. El aceite obtenido de las semillas de los ecotipos de Moringa *oleífera*, *Supergenius*, *Plain*, Nicaragua, Criolla naturalizados en Cuba cumple con los parámetros de calidad establecidos para ser utilizados en cosmética, constituyendo una nueva línea de productos, además de propiciar la sustitución de importaciones y el uso de sustancias naturales.

REFERENCIAS

- Abdulkareem, A., Uthman, H., Afolabi, A.S., & Awenebe, O.L., Extraction and Optimization of Oil from Moringa *oleífera* Seed as an Alternative feedstock for the Production of Biodiesel en Sustainable Growth and Application in Renewable Energy., Editorial IntechOpen, Croacia, 2011, pp. 244-268.
- Abiola, O., Ato, E. & Akinoso, R., Effects of processing factors on the quality of mechanically expressed Moringa (*Moringa oleífera*) oil: A response surface approach, Journal of Food Process Engineering, Vol. 40, No. 4, 2016, pp. 1-12.
- Águila, D., Estudio preliminar de la extracción y caracterización del aceite de semillas de Moringa *oleífera*, ecotipo *Supergenius*. Tesis presentada en opción al título de Ingeniería Química, Universidad Tecnológica de la Habana, CUJAE, Cuba, 2013.
- Alfaro, N.C., Informe final: Proyecto FODECYT, No. 26, Rendimiento y uso potencial de Paraíso Blanco, Moringa *oleífera* Lam en la producción de alimentos de alto valor nutritivo para su utilización en comunidades de alta vulnerabilidad alimentaria nutricional de Guatemala., 2006. Disponible en: <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202006.26.pdf>
- Anwar, F., & Rashid, U., Physico-chemical characteristics of Moringa *oleífera* seeds and seed oil from a wild provenance of Pakistan., Pakistan Journal of Botanic, Vol. 39, No. 5, 2007, pp. 1443-1453.
- Azad, A., Rasul, M.G., Khan, M.M.K., Sharma, S.C., & Islam, R., Prospect of Moringa seed oil as sustainable biodiesel fuel in Australia: A review., Procedia Engineering, Vol. 105, 2015, pp. 601-606.
- Barbosa, L., de la Rosa, O., & Lacides, G., Aceite de moringa *oleífera* y su potencialidad como materia prima en biocombustibles., Universidad de Cartagena-Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-Laboratorio de Investigaciones en Catálisis

- y Nuevos Materiales LICATUC- Colombia, XXIX Congreso Latinoamericano de Química-XVI Congreso Colombiano de Química -VI Congreso Colombiano de Cromatografía, 2010, pp. 1-2.
- Castro, D., Castro, I.P., & Torres, L., Proyecto de investigación de la Moringa oleífera, Taller Internacional de Moringa, fibra soluble y más., Memorias de la 16 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, La Habana, 2012, Cuba.
- Compaoré, W.R., Nikiéma, P.A., Bassolé, H.I.N., Savadogo, A., Mouecoucou, J., Hounhouigan, D.J. & Traoré, S.A., Chemical Composition and Antioxidative Properties of Seeds of Moringa oleifera and Pulps of Parkia biglobosa and Adansonia digitata Commonly used in Food Fortification in Burkina Faso., *Current Research Journal of Biological Sciences*, Vol. 3, No. 1, 2011, pp. 64-72.
- Díaz, J., Ferrer, C., & Zumalacárregui, B., Biocombustibles para su uso en motores diesel., Capítulo 7, Editorial IDICT, Cuba, 2014, pp. 125-141.
- Efeovbokhan, V., Hymore, F.K., Rajid, D., & Sanni, S.E., Alternative solvents for Moringa oleífera seeds extraction, *Journal of Applied Sciences*, Vol. 15, No. 8, 2015, pp. 1073-1082.
- Farooq, F., Rai, M., Tiwari, A., Arif, A., & Farooq, S., Medicinal properties of Moringa oleifera: An overview of promising healer., *Journal of Medicinal Plants Research*, Vol. 6, No. 27, 2012, pp. 4368-4374.
- Ferrer, C., Llerena, F.P., & Mazorra, M.M., Moringa. Árbol de múltiples usos., Edición Fundación Bolívar-Martí, Venezuela, 2014, pp. 1-176.
- García, R., Martínez, R., & Díaz, I., Evaluación de los usos potenciales del teberinto (Moringa oleífera) como generador de materia prima para la industria química., Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico, en Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad del Salvador, El Salvador, 2013.
- García, B., Nueva crema depilatoria a partir de aceite de Moringa oleífera., Tesis presentada en opción al título de Ingeniería Química, Universidad Tecnológica de la Habana, CUJAE, Cuba, 2018.
- Gómez, K., Evaluación de rendimiento de extracción y caracterización fitoquímica de la fracción extraíble de semilla de moringa (Moringa oleífera Lam.) a nivel laboratorio., Tesis presentada en opción al título de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2013.
- Gómez, C., Uso del aceite de Moringa oleífera en la obtención de aceite para masaje corporal., Tesis presentada en opción al título de Ingeniería Química, Universidad Tecnológica de la Habana, CUJAE, Cuba, 2018.
- Madrigal, H., & Avalos, T., Moringa oleífera., *Red Marango*, 2008, pp. 1-24. (Consultado el 8 de Febrero del 2014). Disponible en: www.redmarango.una.edu.ni/documentos/26-INIFAP-Moringa-oleifera.pdf
- Manzoor, M., Anwar, F., Iqbal, T., & Bhangar, M.I., Physico-chemical characterization of Moringa concanensis seeds and seed oil., *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 84, No. 5, 2007, pp. 413-419.
- Marín, C., Estudio sobre las propiedades del aceite de Moringa en la confección de jabón de tocador., Tesis presentada en opción al título de Ingeniería Química, Universidad Tecnológica de la Habana, CUJAE, Cuba, 2015.
- Martín, C., Martín, G., García, A., Fernández, T., & Hernández, E., Potenciales

aplicaciones de Moringa oleífera. Una revisión crítica., Pastos y Forrajes, Vol. 36, No. 2, 2013, pp. 137-149.

Palacios, M., El árbol milagroso., AbcdeCuba, Disponible en: <http://abcdecuba.wordpress.com/2012/02/>, Febrero, 2012.

Payal, R.B., Jadhav, A.J., Pinjari, D.V., Nemade, P.R., & Jain, R.D., Solvent assisted extraction of oil from Moringa oleifera Lam. Seeds., Industrial Crops and Products, Vol. 82, April 2016, pp. 74-80.

Penabaz, L., El aceite de moringa, salud y belleza., Tesis presentada en opción al título de Ingeniería Química, Universidad Tecnológica de la Habana, CUJAE, Cuba, 2016.

Santana, M., Paulo, E., Morais, J.P., Vasconcelos, A.K., da Silva, F., & Sousa, Sant'Anna M.C., Rendimiento de óleo da semente de Moringa, Taller Internacional de Moringa, fibra soluble y más, Memorias de la 16 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, La Habana, 2012.

Tabío, D., Proceso de extracción de aceite de semillas de Moringa oleífera Lam, ecotipo Plain de origen cubano., Tesis presentada en opción al título de Ingeniería Química, Universidad Tecnológica de la Habana, CUJAE, Cuba, 2014.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- M.Sc. Cándida Ferrer Serrano. Realizó el estudio, experimentación, análisis y escritura del artículo.
- Dra.C. Beatriz Zumalacárregui de Cárdenas. Realizó el estudio, experimentación, análisis y revisión del artículo.
- M.Sc. Martha Mazorra Mestre. Apoyó en la experimentación.